اصولی ترین روش

تعمیرات مدارات الکترونیکی

از ترانزیستور تا آی سی

عبدالله شیخله "زانیار"



زیر نظر:
مهندس ناصر جلیلیان

بنام خـــدا

اصولی‌ترین روش تعمیرات
مدارات الکترونیکی از ترانزیستور تا آی‌سی

تدوین : عبدالله شیخله "زانیار"
زیر نظر : مهندس ناصر جلیلیان

۳۵۰ ریال

نام کتاب : اصولی‌ترین روش تعمیرات مدارات الکترونیکی
تدوین : عبدالله شیخله' "زانیار"
زیرنظر : مهندس ناصر جلیلیان
چاپ‌اول : آذر ۱۳۶۲
تیراژ : ۵۰۰۰ جلد
ای.بی.ام : موسسه مشیری
چاپ از : چاپخانهٔ پیام
از انتشارات: موسسهٔ الکترونیکی صوت تصویر
سنندج : چهارراه خیابان کشاورز (خندق) پاساژ اعظمی صندوق‌پستی ۱۹۸

فهرست جلد اول

پیش فصل

فصل اول: اساس تشخیص عیب یا خطا

فصل دوم: تقویت‌کنندهٔ ترانزیستوری یک طبقه‌ای

فصل سوم ــ منبع تغذیه

فصل چهارم: مدارهای تقویت کننده

فصل پنجم :

فهرست جلد دوم

فصل اول : نوسانساز و مدارهای پایهٔ زمانی

فصل دوم: مدارهای پالسی و شکل‌دهندهٔ فرم موج

فصل سوم ــ مدارهای تریستور و تریاک

فصل چهارم : کاربردهای خطی و دیجیتالی مدارهای مجتمع آی‌سی‌ها

فصل پنجم :

تحلیل مدار طبقات مختلف چندین نوع رادیو، تلویزیون، ضبط های تجارتی مشهور همراه با روش عیب‌یابی آنها.

بدین وسیله از همکاری صمیمانه آقای مهندس ناصرجلیلیان از شرکت پارس گروندیک همچنین آقایان مهندس علی هوشنگی و مهندس جلال فلاحتی‌نژاد، درترجمهٔ بخشهای مختلف این کتاب‌کمال تشکر را دارم.

"زانیار"

مقدمه

قدرت تشخیص سریع علل عیوب دستگاهها و مدارات الکترونیکی یکی از مهارتهای مهمی است که قابل فراگیری برای یک تکنسین می‌باشد.

یکی از معایبی که در جامعهٔ امروز ما به چشم می‌خورد این است که وقتی یکی از وسایل صوتی یا تصویری منزل معیوب شده هرچند هم جزئی، می‌گویند این دستگاه دیگر کار قبلی خود را نمی‌تواند انجام دهد چرا که نمی‌توان تعمیرکاری را پیدا کرد که درست واصولی بتواند دستگاه را بدون دستکاری در بخشهای دیگر تعمیر نماید.

بسیار اتفاق افتاده‌که عیب اصلی برطرف ولی براثر ناشیگری تعمیرکار و دستکاری درقسمتهای دیگر دچار عیبی دیگر شده مثلا" یکی از قطعات حساس در ویدئو" هد" آن‌می‌باشد که گاهی براثر بی‌تجربه‌ای اقدام به دستکاری آن می‌کنند و باعث عیبی جدید در دستگاه می‌شوند. درحالی که حتی در بیرون آوردن هد بایستی چنان مهارتی بخرج داد که وقت مصرف شده ارزش‌آنرا داشته و نتیجه را در درست کارکردن دستگاه می‌توان دید.

یکی از ایرادات اکثر تعمیرکاران این است که اقدام به تعمیرات عمومی می‌نمایند و با خود می‌اندیشند که این کار درآمد بیشتری را داراست در حالی که کاملا" اشتباه است. اگر چهار یا پنج‌مغازهٔ تعمیرات در یک محل یا پاساژ با هم هماهنگی کنند و هرکدام از آنها فقط اقدام به تعمیر یک یا دو سیستم مشهور را بنماید مثلا" مغازهٔ اولی تعمیرات سیستمهای سونی، سانیو دومی تعمیرات سیستمهای توشیبا، سیلور سومی تعمیرات سیستمهای فیلیپس، چهارمی تعمیرات سیستمهای پارس و غیره.

در این صورت دیگر کاری که به اولی تعلق دارد برای دومی آورده نمی‌شود و کاری که چهارمی می‌باید انجام دهد اولی انجام نمی‌دهد . این روش دارای فواید بسیار از جمله تجربه کافی و کامل ، همچنین داشتن قطعات یدکی برای یک یا دو سیستم بخصوص و بالاخره جلوگیری از بی‌فایده بودن بسیاری قطعات عمومی انباره شده در مغازه می‌باشد .

این کتاب بعنوان مقدمه‌ای برای عیب‌یابی در نظر گرفته شده است . و خواندن آنرا بتمام سرویسکاران پیشنهاد می‌نمائیم .چرا که امکان دارد مطلبی جدید در این کتاب آمده باشد و شما از آن بی‌خبر باشید .

معمولا " مهارت در تشخیص عیب بسادگی بدست نمی‌آید چون این‌عمل بستگی به خوب فهمیدن اجزاء و کار مدار ، بعلاوه داشتن دانش‌کافی در روش آزمایش و درک چگونگی خراب شدن قطعات یک مدار را دارد .

در این کتاب تمریناتی در هر فصل طرح گردیده است که تکنسین را در روش تشخیص بهتر عیب کمک می‌کند . با وجود این یک فصل از کتاب به روش پیدا کردن‌عیب یک سیستم بطور مختصر اختصاص یافته است . اکثر مدارات مورد بحث در کتاب ، ساخته و آزمایش شده است و تمام اندازه‌گیریها در شرایط معیوب بودن صورت گرفته است . مدارات مورد بحث طوری درنظر گرفته شده که تکنسین بعنوان یک پروژهٔ عملی آنرا بتواند بسازد و برای این منظور از قطعاتی استفاده شده که به سادگی در دسترس می‌باشد .

این کتاب می‌تواند نقش موثری در بالا بردن اطلاعات تکنسین‌های الکترونیک ، تعمیرکاران رادیو و تلویزیون ، دانش‌آموزان هنرستانها رشتهٔ برق و الکترونیک و سایر علاقه‌مندان به الکترونیک داشته باشد .

یکی از دستگاههای مورد استفاده در این کتاب اسکوپ است ولی چون کمتر در دسترس تعمیرکاران یا دانش‌آموزان است . سعی نموده که شکل موجها را در کتاب بیاوریم و کمتر احتیاج به استفاده از اسکوپ باشد .

"زانیار"

جلـد اول

پیش فصل

۱ــ بایاس در ترانزیستور

الف ــ ترانزیستور نوع NPN

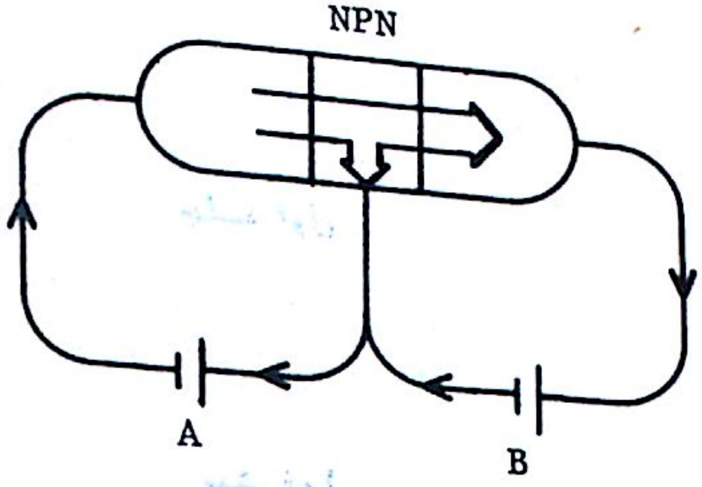
ــ اتصال بین بیس و امیتر بوسیلهٔ باطری A بطور پیشرو بایاس گردیده .

ــ اتصال بین بیس وکلکتور بوسیلهٔ باطری B بطورمعکوس بایاس گردیده .

بنابراین اتصال بیس وامیتر مقاومت کمی را از خود نشان داده و الکترونها از قطب منفی باطری حرکت‌و داخل امیتر می‌گردند و چون انرژی کافی دارند از فضای باردار بین بیس و امیتر که اکنون خیلی باریک گردیده است گذر کرده و داخل لایهٔ بیس می‌شوند ولی بعلت نازک بودن لایهٔ بیس و تراکم الکترونها ، در نتیجه تعداد زیادی از الکترونها از لایهٔ بیس عبور کرده و وارد منطقهٔ کلکتور می‌شوند .

چون کلکتور خود به قطب مثبت باطری اتصال دارد الکترونها براحتی از این لایه گذشته و به قطب مثبت باطری می‌روند . در نتیجه جریانی بین امیتر و کلکتور برقرار می‌گردد .

شدت و ضعف این جریان بستگی به مقدار الکترونی دارد که از امیتر وارد بیس می‌شوند . شدت جریان امیتر را به I_E جریان بیس را I_B و جریان کلکتور را به I_C نمایش می‌دهند . طبق گفتار گفته شده فرمول کلی جریان در



ترانزیستور بشرح زیر است :

$$I_E = I_B + I_C$$

جریان کلکتور + جریان بیس = جریان امیتر

باید توجه داشت که مقدار خیلی کمی از الکترونهایی که وارد بیس می‌شوند از طریق اتصال پایهٔ بیس بخارج هدایت می‌گردد. حدود ۹۵ تا ۹۹ درصد از الکترونهای منتشر شده بوسیلهٔ امیتر راه خود را بداخل کلکتور باز نموده و بین یک تا ۵ درصد از الکترونها از لایهٔ بیس به بیرون هدایت می‌شوند. بنابراین می‌توان گفت‌که جریان کلکتور تقریبا" برابر جریان امیتر می‌باشد. حال‌اگربایاس پیشرو بین بیس و امیتر بیشتر شود الکترونهای بیشتری به جریان می‌افتد و در نتیجه جریان کلکتور افزایش می‌یابد و بالعکس. تناسب حرکت الکترونها بطوری است که به ازاء کمی الکترون که از لایهٔ بیس خارج می‌گردند مقدار چندین برابر الکترون از امیتر منتشر می‌شود که سپس این الکترونها از کلکتور خارج می‌گردند. بدین ترتیب ملاحظه می‌شود که جریان کلکتور چندین برابر جریان بیس می‌باشد.

بنابراین تغییرات خیلی کم در جریان بیس باعث تغییرات نسبتا" زیاد در جریان کلکتور می‌گردد. نسبت تغییرات جریان کلکتور به تغییرات جریان بیس‌را ضریب تقویت ترانزیستور می‌نامند و آنرا با h_{FE} نمایش می‌دهند.

ب ــ ترانزیستور نوع PNP

فرق اساسی این نوع ترانزیستور بانوع NPN در پلاریتهٔ قطبین باتری می‌باشد بدین صورت که قطبین باطری برعکس حالت NPN بوده و در اینجا عامل حرکتی حفره‌ها هستند که از قطب مثبت باتری حرکت و به قطب منفی باتری ختم می‌شوند.

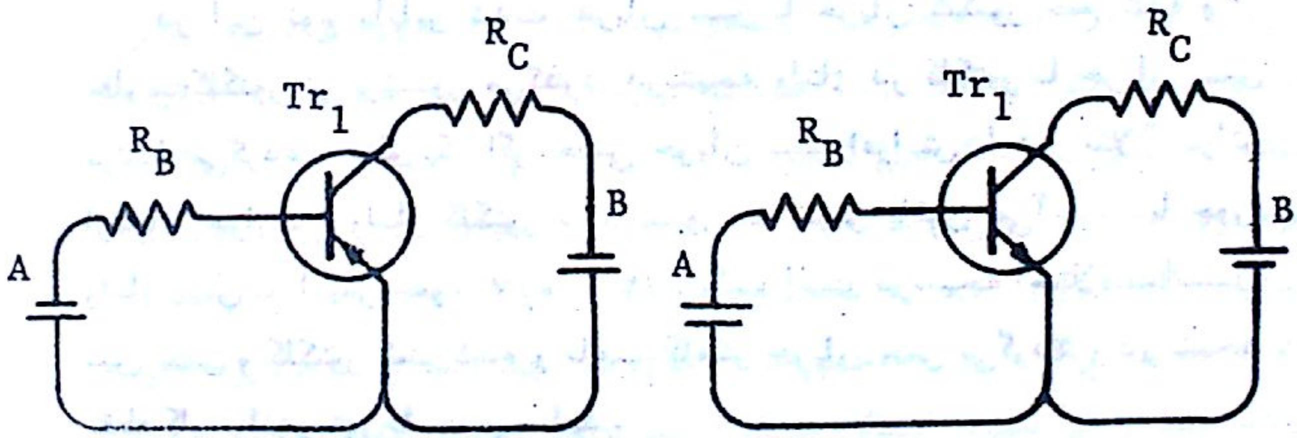
۲ــ نقطهٔ کار ترانزیستورها

برای کنترل شدت جریان بیس و کلکتور می‌باید از یک مقاومت در مدار بیس امیتر و یک مقاومت در مدار کلکتور امیتر استفاده نمود. مقاومت بیس شدت جریان بیس و مقاومت کلکتور شدت جریان کلکتور را تثبیت می‌کند و ترانزیستور در نقطهٔ تثبیت شده خود قرار می‌گیرد.

نقطهٔ کار باید طوری محاسبه شود که ترانزیستور بحالت اشباع نرفته و یا در ناحیهٔ قطع نباشد.

یک ترانزیستور NPN را در نظر بگیرید:

چون پایهٔ بیس و امیتر بحال پیشرو بایاس گردیده. افت ولتاژ بین بیس امیتر حدود ۰/۷ ولت برای نوع سیلیکانی و ۰/۲ ولت برای نوع ژرمانیومی خواهد بود.

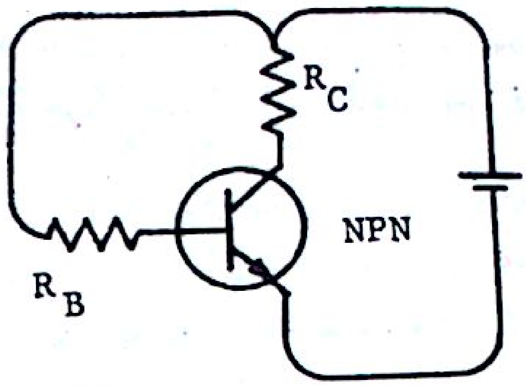


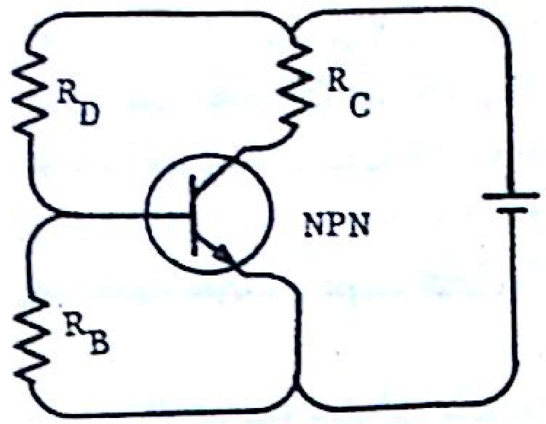
در نتیجه ولتاژ بیس حدود ۰/۷ (یا ۰/۲) ولت بالاتر از امیتر می‌باشد حال مقاومت کلکتور را طوری انتخاب می‌کنیم (از نظراهمی) که ولتاژ کلکتور نسبت به امیتر از ولتاژ بیس به امیتر (۰/۷ یا ۰/۲) باشد. اتصال کلکتور و بیس بطور معکوس بایاس می‌شود. بنابراین ترانزیستور در نقطه کار خود قرار خواهد گرفت.

۳ــ بایاس ترانزیستور بوسیلهٔ یک باطری

می‌توان اتصال کلکتور به بیس و اتصال امیتر به بیس را با استفاده از یک باطری بایاس نمود. تحلیل مدار: الکترونهایی که از امیتر منتشر می‌شوند وارد اتصال بیس شده و مقدار کمی از آنها از طریق مقاومت بیس به مثبت باطری می‌رسند ولی اکثریت آنها راه خود را به داخل کلکتور یافته و از طریق مقاومت کلکتور به قطب مثبت باطری می‌رسند. ولتاژ بیس ترانزیستور بخاطر بایاس پیشرو اتصال بیس وامیتر برابر ۰/۷ (یا ۰/۶) ولت خواهد بود و ولتاژ کلکتور نیزبا تعیین مقاومت کلکتور طوری انتخاب می‌شود که نسبت بـه امیتر بیشتر از ۰/۷ یا ۰/۲ ولت باشد. نوعی دیگر از بایاس ترانزیستور که مانند بایاس فوق‌الذکر است به بایاس خودی موسوم است‌که اتصال کلکتور به بیس از طریق یک مقاومت بنام R_D بدست می‌آید.

در این نوع بایاس شدت جریان بیس با جریان کلکتور جمع شده و از مقاومت‌کلکتور ترانزیستور می‌گذرد درنتیجه ولتاژ در کلکتور با جریان بیس مرتبط می‌گردد، بطوریکه اگر بعللی جریان بیس افزایش یابد(مثلا" دراثر ازدیاد حرارت) ولتاژ کلکتور ترانزیستور به امیتر پائین می‌آید. اما چون ولتاژ بیس به امیتر حفود ۰/۷ یا ۰/۲ ولت است درنتیجه اختلاف‌پتانسیل بین بیس و کلکتور کمتر شده و باعث کاهش جریان بیس می‌گردد و در نتیجه نقطه کار ترانزیستور ثابت می‌نماید.





این روش بایاس اگرچه موجب تثبیت نقطه کار ترانزیستور می‌شود ولی اثر منفی بر ضریب تقویت ترانزیستور دارد و بدین دلیل زیاد مورد استفاده قرار نمی‌گیرد .

۴ـ بایاس ترانزیستور بوسیلهٔ تقسیم ولتاژ از یک باطری

در این نوع بایاس ولتاژ باطری بوسیلهٔ دو مقاومت R_D و R_B تقسیم شده و به بیس ترانزیستور اعمال می‌شود . به علت کم بودن مقدار جریان بیس و با انتخاب مناسب R_D و مقاومت بیس می‌توان اظهار کرد که مقدار جریان مقاومتهای بیس و R_D (I_D) برابر بوده و تغییرات کم جریان بیس می‌تواند جریان I_D را طوری تغییر دهد که ولتاژ بیس و ترانزیستور نسبت به امیتر بالا رفته و موجب صدمه دیدن ترانزیستور شود ، این نوع تغییرات جریان بیس می‌تواند در اثر ازدیاد درجه حرارت بوجود آید . بطوریکه موجب افزایش شدت جریانی بشود که بین کلکتور و بیس ترانزیستور در حالت بایاس معکوس برقرار بوده است . برای جلوگیری از صدمه دیدن ترانزیستور در اثرتغییرات بیش از حد جریان بیس که مقاومت دیگری در امیتر ترانزیستور قرار می‌دهند که با علامت R_E نمایش داده می‌شود . حال چنانچه برتغییرات جریان کلکتور زیاد شده و در نتیجه مقدار جریان امیتر زیاد می‌شود که این امر موجب

افزایش ولتاژ امیتر می‌گردد. با افزوده شدن ولتاژ امیتر بایاس پیشرو بین بیس امیتر تقلیل پیدا می‌کند و از این رو جریان بیس کاهش یافته و نقطه کار ترانزیستور ثابت می‌نماید.

۵ـ مفهوم تقویت و تقویت کننده

در الکترونیک مداراتی هستند که اگر به ورودی آنها سیگنال الکتریکی ضعیف داده شود در خروجی سیگنال تقویت شده‌ای خواهیم داشت.

زمانی که انرژی بسیار کمی که آنتن میگیرد جهت استفاده در بلندگو بایستی از چندین طبقه تقویت عبور نماید تا بتواند انرژی کافی بدست آورده و بلندگو را مرتعش کند.

۶ـ تشخیص مقاومتهای بایاس یک تقویت کننده

مقاومت R_E : این مقاومت حتما" یک پایه‌اش به امیتر و پایهٔ دیگر آن به شاسی وصل می‌باشد واکثر خازن بایپس با آن موازی است.

مقاومت R_C : این مقاومت یک پایه‌اش به کلکتور و پایهٔ دیگرش به منبع تغذیه وصل است. (در NPN به قطب مثبت تغذیه و PNP به منفی تغذیه)

مقاومت R_B : این مقاومت یک پایه‌اش به شاسی و پایهٔ دیگرش به بیس وصل است.

مقاومت R_D : یک پایه‌اش به بیس و پایهٔ دیگرش به منبع تغذیه وصل است.

۷ـ حالات مختلف نقطهٔ کار ترانزیستور

یک ترانزیستور در سه حالت قطع و فعال و اشباع بکار گرفته می‌شود .

الف ــ حالت قطع : اگر بایاس بین‌بیس و امیتر ترانزیستور پیشرو نباشد ترانزیستور در ناحیهٔ قطع قرار می‌گیرند بنابراین جریان بیس و جریان‌کلکتور صفرخواهد شد همیشه در حالت قطع ولتاژ کلکتور نسبت به امیتر ترانزیستور برابر ولتاژ منبع تغذیه خواهد شد .

ب ــ حالت فعال: هرگاه ولتاژ بیس، امیتر ترانزیستور به مقداری برسد که بایاس پیشرو لازم جهت روشن بودن ترانزیستور بوجود آید در این‌حالت جریان بیس و کلکتور صفرنبوده‌ترانزیستور در ناحیهٔ کار خود عمل می‌کند .

ج ــ حالت اشباع: در این حالت مطابق شکل زیر اگر R_D حداکثر باشد ترانزیستور ابتدا در حالت قطع است و جریان کلکتور صفر می‌باشد حال اگر مقدار پتانسیومتر R_D را بتدریج کم کنیم جریان بیس افزایش می‌یابد . در نتیجه ترانزیستور از ناحیهٔ قطع به طرف ناحیهٔ فعال می‌رود اگر همین عمل را ادامه دهیم بطوریکه با افزایش جریان‌بیس جریان کلکتورآنقدر زیاد شود که تمام افت ولتاژ مقاومت کلکتور برابر ولتاژ منبع تغذیه شده و ولتاژ کلکتور به امیتر حدودا" صفر گردد . در این حالت ترانزیستور به حالت اشباع رفته و جریان کلکتور دیگر بیشتر نخواهد شد .

۸ــ انواع مختلف تقویت کننده

بطور کلی ترانزیستور به سه شکل مختلف در تقویت‌کننده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد . موج ورودی بین دو پایهٔ ترانزیستور اعمال می‌گردد وخروجی هم بین دوپایه گرفته می‌شود ، چون ترانزیستور فقط سه پایه دارد ، بناچار یک پایهٔ ترانزیستور باید بین ورودی و خروجی مشترک باشد .

ــ اگر ورودی به بیس و امیتر داده‌وخروجی از کلکتور و امیتر گرفته شود ، تقویت کننده را امیتر مشترک گویند .

ـ اگر ورودی به امیتر و بیس داده و خروجی از کلکتور و بیس گرفته شود ، تقویت کننده را بیس مشترک گویند .

ـ اگر ورودی به بیس و کلکتور داده و خروجی از امیتر و کلکتور گرفته شود ، تقویت کننده را کلکتور مشترک گویند .

۹ـ انواع کوپلاژ بین طبقات تقویت‌کننده

الف ـ تقویت‌کننده چند طبقه‌ای با کوپلاژ مدار RC

زمانی که بین دو تقویت‌کننده خازنی برای کوپل‌کردن استفاده می‌شود نوع کوپلاژ را RC گویند. اغلب تقویت‌کننده‌های صوتی مقدماتی از کوپلاژ RC استفاده می‌کنند .

ب ـ تقویت کننده کوپلاژ مستقیم

هرگاه دو تقویت کننده بهم وصل‌شوند نوع کوپلاژ را مستقیم گویند . این نوع کوپلاژ مانند حالت قبلی دارای مشخصهٔ فرکانس بهتر و راندمان بیشتر است و بیشتر در تقویت‌کننده‌های ولتاژ و قدرت صوتی استفاده می‌شود .

ج ـ تقویت کننده با کوپلاژ ترانسفورمری

در این‌نوع کوپلاژ دو طبقه تقویت کننده بوسیلهٔ ترانس کوپل شده ودر مقایسه با دو نوع دیگر از لحاظ راندمان حدود ۵۰ درصد خواهد بود ولی عیب این‌نوع کوپلاژ در مشخصه فرکانس بــه ، حجم و قیمت زیاد آن است و امروزه کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد و در حقیقت با کنترل تعداد دور اولیه و ثانویه می‌توان امپدانس را کاهش و یا افزایش داد .

۱۰ـ کاربرد تقویت‌کننده‌ها درمدارات

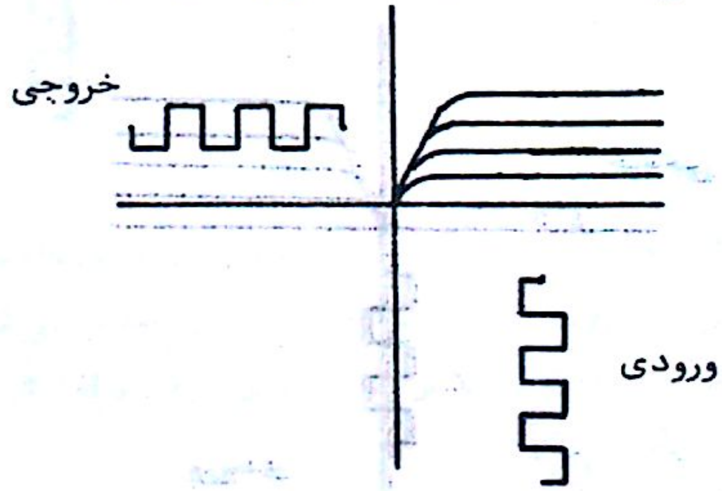
تقویت کننده امیتر مشترک : به‌علت دارا بودن امپدانس متوسط بین ورودی وخروجی ونیز بعلت تقویت‌کننده‌ٔ جریان وولتاژ درمدارات الکترونیک کاربرد زیادتری دارد .

تقویت‌کننده بیس مشترک : این نوع تقویت‌کننده فقط تقویت ولتاژ انجام داده و به علت فرم بسته شدن پایه‌ٔ بیس حالت خازنی ورودی و خروجی این تقویت‌کننده از دو تقویت‌کننده‌های دیگر کمتر می‌شود بنابراین درفرکانسهای بالاتر عمل تقویت را بهتر انجام می‌دهد .

تقویت‌کننده کلکتور مشترک : این تقویت‌کننده به امیتر فالور ، بافر آمپلی‌فایر (ایزولاتور آمپلی‌فایر) نیز مشهور است در مدارات به عنوان تقویت‌کننده‌ٔ جریان در طبقات قدرت بکار برده می‌شود .

۱۱ــ کلاسهای تقویت‌کننده‌ها

کلاس A : بایاسینگ ترانزیستور را طوری محاسبه می‌کنیم تا نقطه‌ٔ کار حدودا" و سطــهای منحنی کار ترانزیستور قرار گیرد . در این صورت دامنه‌ٔ موج ورودی بنقاط قطع و اشباع نمی‌رسد و شکل موج خروجی تقریبا" متناسب با شکل موج ورودی خواهد بود .

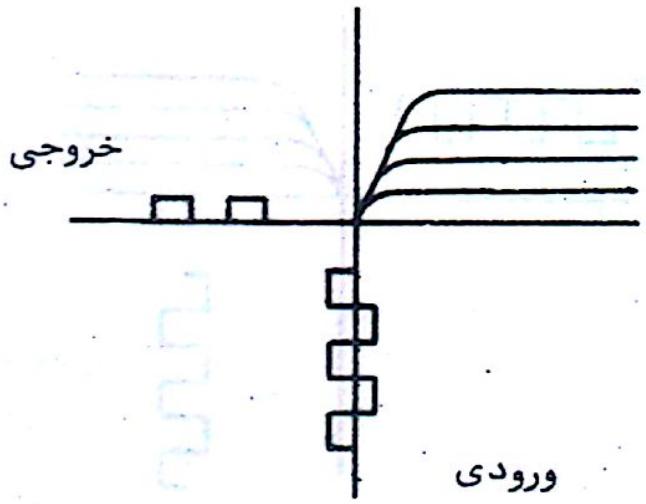


در این کلاس می‌توان ماگزیمم تا ۵۰% بهره را بدست آورد . ایراد عمده‌ء این کلاس این است که اگر موجی داده نشود و تقویت کننده کار بکند خود به خود جریان می‌کشد و دارای هوم زیادی است از این نظر کیفیت خوبی ندارد .

کلاس B : در این نوع تقویت‌کننده بایاسینگ طوری است که نیم‌سیکل از موج ورودی در ناحیه‌ء قطع ترانزیستور می‌باشد پس فقط نصف سیکل موج ورودی را تقویت می‌کند و نیم‌سیکل بعدی را حذف می‌نماید . در طراحی این مدار نقطه کار را در نقطه قطع منحنی قرار داده‌اند و چون در نیم سیکل منفی ترانزیستور قطع شود در خروجی جریانی ندارد به همین جهت راندمان این تقویت‌کننده بیشتر است (حداکثر تا ۷۸/۵% با کوپلاژ ترانسفورماتوری)و بیشتر از این نوع مدار در طبقات قدرت استفاده می‌شود .

در این نوع تقویت‌کننده در هنگام نبودن سیگنال ورودی ترانزیستور خاموش بوده‌و هیچ افت قدرتی در مدار نداریم ولی با افزایش سیگنال ورودی تلفات بالا می‌رود (در صورتیکه در کلاس A برعکس می‌باشد) به همین خاطر منبع تغذیه دراین نوع‌مدارات‌باید از راندمان خوبی برخوردار باشد .

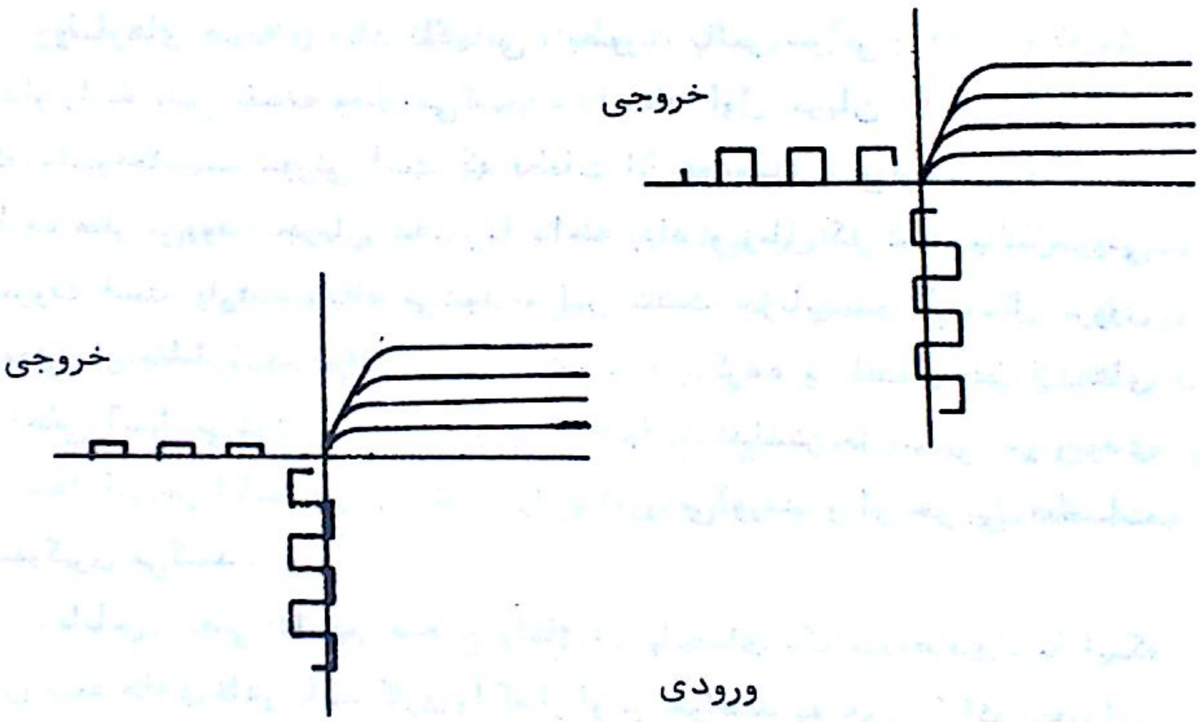
چون هرگاه نصف فرکانس صوتی حذف شود صدا شکستگی داشته و ضعیف



است در تقویت‌کننده‌های صوتی نیم‌سیکل مثبت توسط یک ترانزیستور و نیم‌سیکل منفی هم توسط یک ترانزیستور دیگر تقویت می‌شود .

کلاس AB : در تقویت‌کنندهٔ AB مقداری بایاس DC به ورودی ولتاژ کلکتور، امیتر اعمال می‌شود و در حقیقت نقطهٔ کار در حوالی نقطهٔ قطع و در ناحیهٔ فعال قرار دارد به این ترتیب مقداری از نیم‌سیکل منفی نیز تقویت می‌شود .

معمولا " این نوع تقویت‌کننده‌ها دارای راندمانی کمتر از کلاس B می‌باشد ولی شکل موج بهتری را بدست می‌آورد و از ایجاد اعوجاج دیستوریشن در شکل موج جلوگیری می‌کند .



کلاس C : این نوع تقویت‌کننده دارای بهترین راندمان است ولی علاوه‌بر نیم سیکل منفی مقداری از نیم‌سیکل مثبت را نیز حذف می‌کند از این نوع تقویت‌کننده فقط در طبقات میکسر استفاده می‌شود نقطهٔ کار در این کلاس پائینتر از نقطهٔ قطع می‌باشد .

اهمچک: یعنی امتحان کردن درحالتی که کلید مولتی‌متر روی رنج اهم باشد.

مقادیـر ثابتش خارج از محدودهٔ مشخصـهٔاش باشد: منظور این است که هر مداری دارای ولتاژهای کار و همچنین مقادیری در پایهٔ اصلـی ترانزیستورهاست و زمانی که این ولتاژها تغییر کند بدون تغییر ولتاژ منبع تغذیه کار مدار مختل گشته و معیوب است.

شورت: اتصال بین دو المان یا پایه‌های یک المان را شورتی می‌گویند گاهی این اتصال در داخل قطعه پیش می‌آید مانند شورتی در یک خازن الکترولیت.

ولتاژهای ضربه‌ای زیاد ناگهانی، بصورت پالس سوزنی: هنگامی که یک مدار را به منبع تغذیه وصل می‌کنیم در لحظهٔ اول جریان زیادی را می‌کشد که علت خاصیت شورتی است که قطعات از خود نشان می‌دهند و ولتاژ به طرف صفر می‌رود. جریان شدید با دامنه زیاد و زمان کم که به پالس‌سوزنی معروف است وارد دستگاه می‌شود و این شدت جریان سوزنی شکل برروی بعضی از قطعات مخصوصا" ترانزیستورها اثر کرده و باعث قطع لایه‌های داخلی آنها می‌شود در بعضی از دستگاهها با گذاشتن‌خازن‌هایی در ورودی دامنهٔ این‌جریانات سوزنی شکل را پائین می‌آورند و از خرابی قطعـات جلوگیری می‌کنند.

بایاس: یعنی تقسیم صحیح ولتاژ در پایه‌های یک نیمه‌هادی، تا اینکه آن نیمه هادی قادر باشد کاری را که از او می‌خواهند به خوبی ارائه دهد این تقسیم ولتاژ بوسیلهٔ مقاومتهایی صورت می‌گیرد که به مقاومتهای بایاس مشهور است.

خروجی باورودی ۱۸۰ درجه اختلاف‌فاز دارد: دراینجا به تقویت‌کننده، موجی مثلا" صوتی می‌دهیم که از نیم پیک مثبت شروع می‌شود ولی اولین نیم‌پیک خروجی منفی است (فرض ما شامل دو نیم‌پیک مثبت و منفی است).

در تقویت‌کننده امیتر مشترک اگر یک اسکوپ دو کاناله را آورده و یکی از ورودیهای اسکوپ را به بیس آن وصل کرده و ورودی دیگر را به کلکتور ترانزیستور وصل کنیم ما دو موج در روی صفحهٔ اسکوپ داریم که موج ورودی با خروجی ۱۸۰ درجه اختلاف فاز دارد ولی بیس با امیتر هم‌فاز می‌باشند.

فیدبک منفی: زمانی که از خروجی به طبقات میانی یا اولیهٔ مداری (از خروجی بخشی به ورودی همان بخش) فیدبکی (برگشتی) داده می‌شود. این فیدبک نسبت به محلی که بدان فیدبک شده اختلاف فازی را دارد. اگر موج خروجی با موج طبقه‌ای که به آن فیدبک داده شده دارای ۱۸۰ درجه اختلاف فاز باشد این فیدبک منفی نامیده می‌شود و کار تضعیف موج ورودی آن طبقه را انجام می‌دهد. و اگر موج فیدبک که از خروجی طبقه‌ای گرفته شده با موج ورودی طبقه‌ای که فیدبک به آن داده شده هم فاز باشند فیدبک مثبت است و کارش تقویت موج ورودی یا فعالتر کردن موج ورودی آن طبقه است. گاهی در مسیر فیدبک مداری را قرار می‌دهند که کار آن مدارمی‌تواند مختلف باشد. چرا که اگر فیدبک مثبتی لازم باشد ولی خروجی فیدبک منفی را بدهدآن مدار کارش تبدیل فیدبک منفی به مثبت است وعکس. گاهی فیدبک قوی بوده و در مداری که به آن‌داده می‌شود اختلالاتی بوجود می‌آورد که مدار فوق کار تضعیف فیدبک را انجام می‌دهد و برعکس.

فصل اول

اساس تشخیص عیب یا خطا

۱ – ۱ – مدارها و خواندن مقادیر آزمایش

یک مدار الکترونیکی مجموعه‌ای از اجزاء می‌باشد که بهم متصل شده‌اند و کار الکترونیکی خاصی را انجام می‌دهند. هریک از اجزاء نقشی را در نحوهٔ کار مدار انجام می‌دهند. اگر هریک از قطعات خراب شود کار مدار بطور موثر تغییر می‌کند برای مثال مدار سادهٔ تقویت رلهٔ شکل (۱ – ۱) را در نظر بگیرید.

اگر مقاومت R_1 قطع شود جریان بایاس مستقیم برای ترانزیستور Tr_1 برقرار نمی‌شود و ولتاژ کلکتور زیاد خواهد شد و سپس ترانزیستور Tr_2 هدایت خواهد نمود و ولتاژ بصورت مدام وارد سیم پیچ رله خواهد شد.

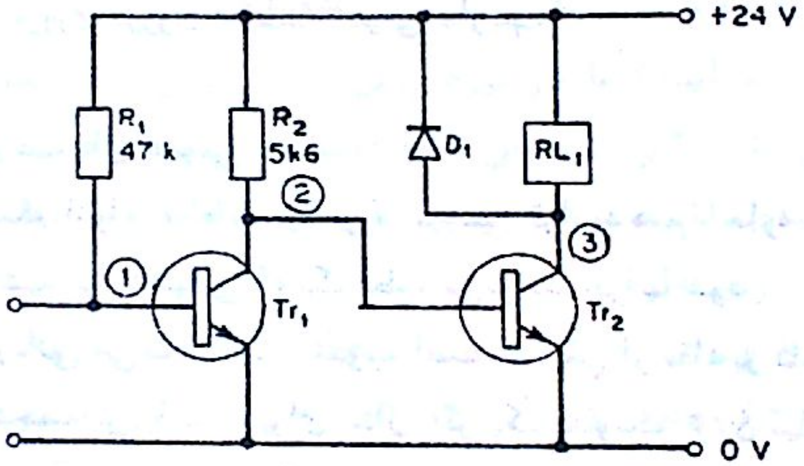
قطعات معیوب یک سری اثرات بخصوصی را بوجود می‌آورد. که از روی آن می‌توان به قطعهٔ معیوب و نوع عیب آن پی برد. یکی از این اثرات برای مثال مقدار ولتاژ درنقاط مختلف مدار می‌باشد.

در زمانی که مدار بطور صحیح کار می‌کند و هیچ ورودی به آن داده نشده است ولتاژهای نقاط مشخص شدهٔ شکل (۱ – ۱) که بوسیلهٔ یک مولتی‌متر استاندارد اندازه‌گیری شده است چنین می‌باشند.

نقاط آزمایش	3	2	1
ولتاژ بدست آمده	+24	+0.1	+0.7

ولی در صورت قطع بودن مقاومت R_1 مقادیر بدست‌آمده چنین می‌باشند :

نقاط آزمایش	3	2	1
ولتاژ بدست آمده	+0.15	+0.7	0



شکل (۱ـ۱) ـ تقویت کنندهٔ رله‌ای.

این مقادیر نشان می‌دهند که ترانزیستور Tr_1 هدایت نمی‌کند زیرا ولتاژ بیس ترانزیستور Tr_1 برابر صفر ولت می‌باشد که احتمالا" مقاومت R_1 قطع می‌باشد و نمی‌تواند جریان بیس ترانزیستور را برقرار سازد. دراینجا قابل توجه است که اتصال کوتاه بین پایهٔ بیس وامیتر ترانزیستور Tr_1 نیز باعث بوجود آمدن چنین عیبی می‌شود. یک اهم چک لازم است تا معلوم شود که کدامیک‌از این دو قطعه (ترانزیستور Tr_1 و مقاومت R_1) خراب می‌باشند.

در مدارهای پیچیده‌تر بخصوص مدارهایی که بطور مستقیم بهم متصل شده‌اند تاثیر یک قطعهٔ معیوب می‌تواند وسیع باشد. بهرحال اثر خرابی همواره مشخص می‌کند که کدام قطعه خراب می‌باشد و تمریناتی که در فصلهای این کتاب آمده طوری در نظر گرفته شده‌اند که تعمیرکار بتواند تشخیص‌قطعات خراب را از روی یک سری اثرات آن در مدار بدست بیاورد.

مهارت در تشخیص عیب به دانش تئوری و به تجربهٔ عملی احتیاج دارد. یک تکنسین قبل از تلاش برای تشخیص قطعات معیوب احتیاج دارد که بداند کار اصلی مدار چیست، واضح است که درک این موضوع مستلزم‌آن است که قاعدهٔ کلی طرز کار قطعات مختلف الکترونیک مورد استفاده را بداند. در بخش بعدی مروری برروی قطعات عمومی داریم.

۱ـ ۲ـ اجزاء و عیبهای عمومی

قبل از اینکه انواع قطعات را مورد بررسی قرار دهیم اجازه بدهید که نظری داشته باشیم به راههایی که یک قطعه می‌تواند خراب شود.

یک قطعه زمانی می‌شود گفت معیوب است که یکی از مقادیر ثابتش خارج از محدودهٔ مشخصه‌اش باشد. برای مثال اگر یک مقاومت ۵/۶ کیلو اهمی با تلرانس ۵درصد، مقدار بدست آمده ۶ کیلواهم باشدو یا اگر جریان نشتی یک خازن الکترولیتی ۶۴ میکروفاراد ۱۲ ولتی ۱۵۰ میکروآمپر باشد درصورتی که مقدار مشخصهٔ ماگزیمومش ۱۰ میکروآمپر است درنتیجه هم خازن و هم مقاومت معیوب می‌باشند. هردوی این مثالها می‌تواند عیبهای جزئی را بیان کنند زیرا مفهوم آنها این نیست که قطعات بطور کلی کار اصلی خود را نمی‌کنند بلکه باعث یک تغییر جزئی در مدار می‌شوند. عیبهای جزئی مخصوصا" زمانی مهم می‌باشند که آن قطعه در یک بخش حساس مدار، بکار رفته باشد.

عیبهایی که ما بیشتر با آنها سروکار داریم عیبهای عمده نامیده‌می‌شوند

این حالت وقتی است که عیب قطعه هم ناگهانی وهم کلی باشد . برای مثال یک مقاومت مقدارش خیلی زیاد و یا قطع شود، یک دیود اتصال کوتاه (شورت) بین آند و کاتدش برقرار شود. یک چنین عیبهایی منجر به از دست‌دادن عملکرد صحیح مدار می‌گردد و معمولا" همراه با یک تغییر موثر در سطح ولتاژ بایاس‌های DC در مدار می‌باشد .

بطور کلی انواع معینی از قطعات بصورت مشخصی معیوب می‌شوند مثلا مقاومتهای مخصوص، نوع Film خراب شده که بیشترین عیب در اثر قطع شدن مقاومت و به این خاطر می‌باشد که یک شکستگی مختصر در مارپیچ مقاومت اتفاق می‌افتد و این عیب بیشترین احتمال را نسبت به اتصال کوتاه کردن مقاومت دارد. برعکس خازنهای الکترولیت بیشتر تمایل به اتصال کردن دارند. دراینجا ما در مورد روش معیوب شدن قطعه بحث می‌کنیم و این نبایستی با خرابی تدریجی قطعه اشتباه بشود . البته امروزه قطعات از قابلیت اطمینان زیادی برخوردارند . با بیان دیگر سرعت خراب‌شدن خیلی کم است . بخصوص مقاومتها .

شاید درک‌عیوبی که بر اثر ولتاژ اضافی در مدار بوجود می‌آید آسان باشد اما ، چرا یک قطعه در شرایط‌کار عادی خراب می‌شود ؟

اساسا" هر قطعه‌ای به علت فشاری که پیوسته برروی آن وارد می‌شود فرسوده می‌گردد ، که این فشارها بردونوعند. یکی فشارهای ناشی از کار کردن ، و دیگری فشارهای ناشی از محیط‌کار .

فشار ناشی از کار کردن بستگی به شرایط طراحی دارد و یک قطعه می‌تواند بوسیله کارکردن در حد مجاز ، با ماکزیموم جریان ، ولتاژ و توان عمری طولانی داشته باشد این عمل Derating نامیده می‌شود .

فشارهای ناشی از محیط آنهائی هستند که‌در اثر شرایط محیطی بوجود می‌آیند ، حرارت زیاد رطوبت ، ضربه‌های مکانیکی ، نوسانات ، فشار زیاد و کم ، مواد شیمیایی خورنده یا گرد و غبار هوا که اینها شرایط‌اساسی زیان‌آور

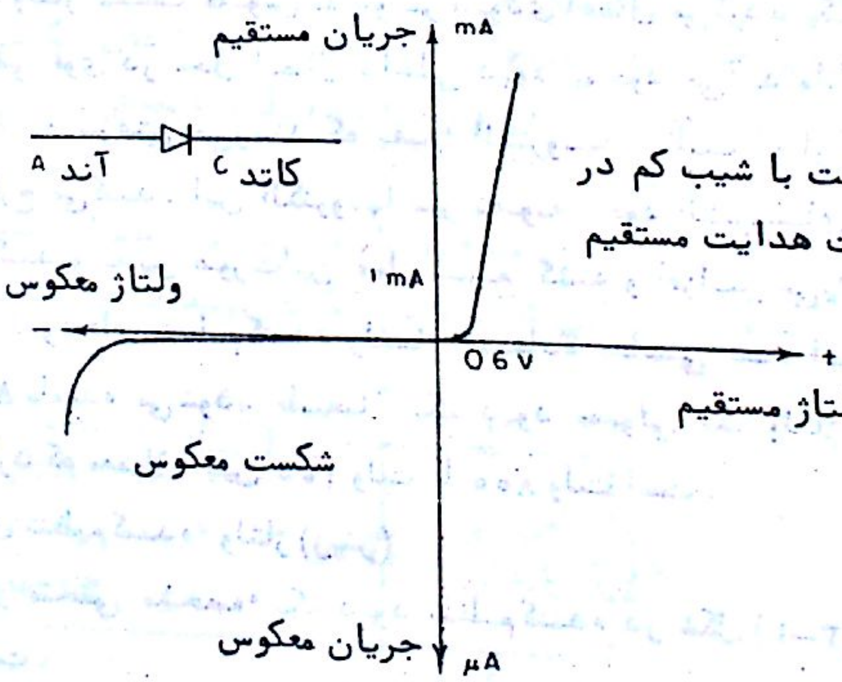
نوسان ، ضربه‌های شدیدتری را باید تحمل نماید .

علت دیگر خرابی قطعه ، ولتاژهای ضربه‌ای زیاد ناگهانی ، بصورت پالس سوزنی می‌باشد که در زمان وصل کردن بارهای القایی بوجود آمده و در طول مسیر اصلی ، انتقال یافته و در بخشهای داخلی ظاهر می‌شود . این پالسهای سوزنی بسادگی می‌توانند باعث شکستگی اتصالات در قطعاتی مانند نیمه‌هادی گردد .

۱ ــ ۳ــ کار اساسی قطعات فعال معمولی .

آنچه دراینجا می‌آید بمنظور مرور کوتاهی در مورد بعضی قطعات فعال می‌باشد و برای مطالعهٔ بیشتر به کتابهای دیگری مراجعه شود .

۱ ــ دیود نیمه‌هادی



شکل (۱ــ۲) ــ دیود نیمه‌هادی

این قطعه (۱– ۲) زمانی که آند نسبت به کاتد مثبت باشد دارای مقاومت کمی در حدود ۲۵ اهم برای یک میلی‌آمپر جریان مستقیم (DC) می‌باشد. هنگامیکه آند نسبت به کاتد منفی باشد مقدار مقاومت خیلی زیاد است مثلا" برای دیود نوع سیلیکان بیشتر از ۱۰۰ مگا اهم می‌باشد.

برای عبور جریان در جهت مستقیم، یک بایاس مستقیم کم در حدود ۲۰۰ میلی‌ولت برای دیود ژرمانیوم و ۶۰۰ میلی‌ولت برای دیود سیلیکانی لازم می‌باشد. منحنی مشخصهٔ دیودها در شکل (۱ – ۲) نشان داده شده است.

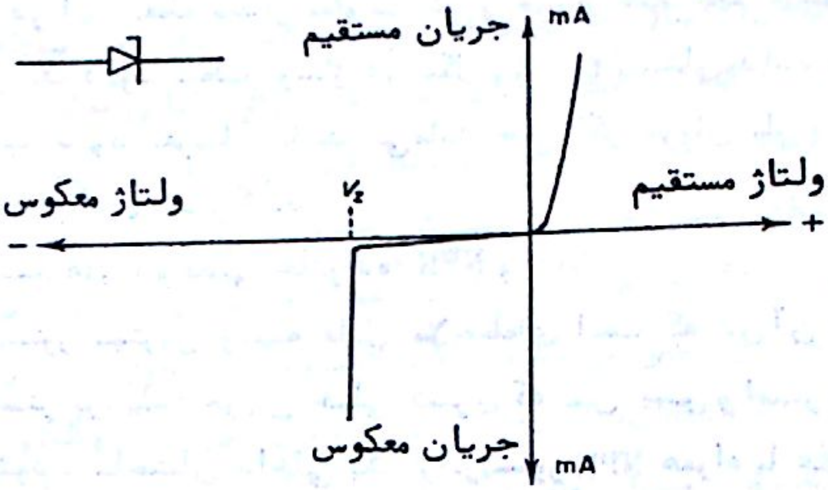
لازم بتذکر است که اگر یک ولتاژ معکوس زیادتر از معمول به دو سر دیود داده شود دیود به حالت شکست می‌رود و جریان زیادی (زیان‌آور) را عبور می‌دهد، حال بوسیلهٔ چندین مقاومت خارجی که بصورت سری با دیود قرار داده می‌توانیم این جریان را محدود کنیم.

وقتی که ولتاژ شکست معکوس به دو سر دیودی اعمال می‌گردد یک میدان الکتریکی خیلی قوی در محل اتصال داخلی دیود بوجود می‌آید والکترونها شتاب گرفته، به سرعتی می‌رسند که بقیهٔ الکترونهای ثابت را از شبکهٔ کریستالی خارج می‌کنند. این الکترونها نیز به‌نوبهٔ خود الکترونهای دیگری را خارج می‌کنند و بدین صورت‌این عمل تسریع گشته و افزایش می‌یابد. از این اثر در دیودهای تنظیم‌کننده ولتاژ استفاده مناسبی شده است که Avaianche نامیده می‌شود. طبیعتا" یک دیود معمولی یک ولتاژ معکوس ماگزیمومی دارد که معمولا" بین ۱۰۰ ولت تا ۸۰۰ ولت است.

۲ – دیودهای تنظیم‌کنندهٔ ولتاژ (زینر)

علامت و منحنی مشخصهٔ یک دیود تنظیم‌کننده در شکل (۱–۳) نشان داده شده است.

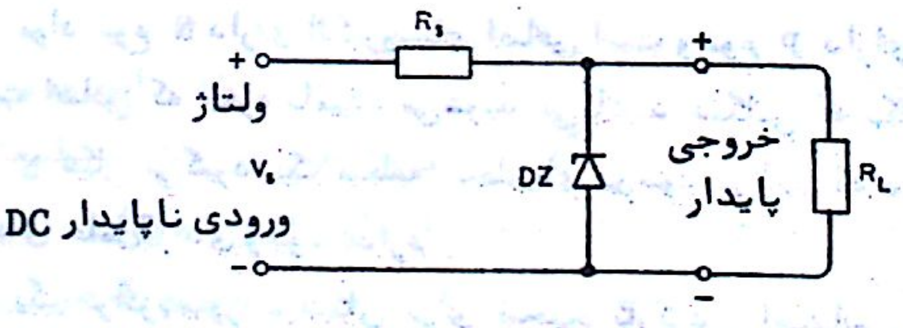
در این گونه دیودها خاصیت زینری یا Avaianche مورد استفاده قرار گرفته است. این قطعه حجم ناخالصی بیشتری نسبت به دیود معمولی دارد



شکل (۱−۳) ـ دیود تنظیم‌کنندهٔ ولتاژ.

و این باعث بوجود آمدن منطقهٔ تخلیهٔ نسبتا" کمی می‌شود این بدین معنی است که ولتاژهای معکوس کم باعث بوجود آمدن میدانهای قوی (تا حدود 10^7 ولت بر سانتی‌متر) درمنطقه تخلیه می‌گردد بوسیلهٔ کنترل‌مقدار ناخالصی در ساخت می‌توان دیودهایی با ولتاژهای شکست معکوس متغیری ساخت بطور نمونه از ۳/۳ ولت تا ۱۵۰ ولت با مقدار توان از ۲۵۰ میلی‌وات تا بیشتر از ۷۵ وات .

این قطعه درجهت مستقیم مانند یک دیود معمولی عمل می‌کند اما در حالت معکوس تا زمانی که به ولتاژ شکست برسد دارای مقاومت خیلی زیادی

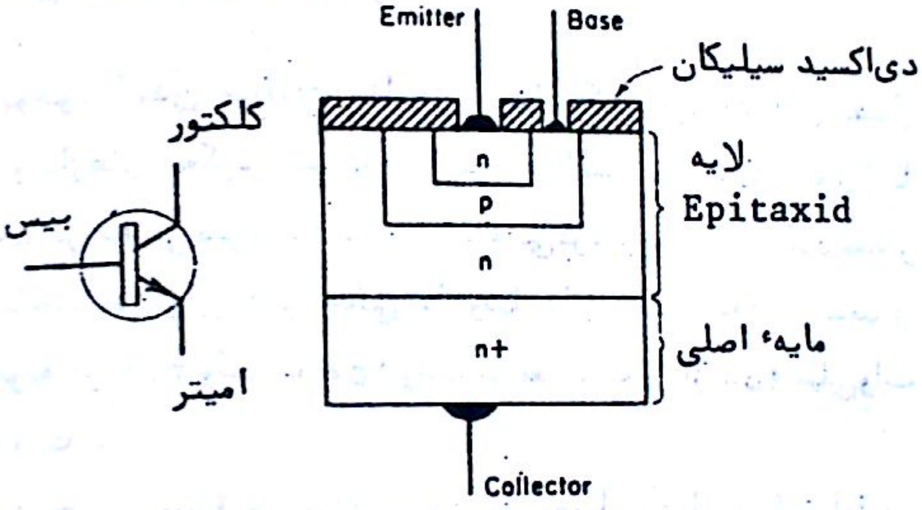


شکل (۱−۴) ـ کاربرد دیود زینر

می‌باشد. در این نقطه مقدار مقاومت کم و حدود چند اهم میشود. کاربرد ساده‌ای از یک دیود تنظیم ولتاژ در شکل (۱ – ۴) نشان داده شده است. ولتاژ دو سر دیود تقریبا" ثابت می‌ماند جتی اگر جریان بار و ولتاژ منبع تغذیه بمقدار زیادی تغییر کنند.

۳ـ ترانزیستورهای دو قطبی خانوادهٔ NPN و PNP

ترانزیستور بهترین وسیله قابل ملاحظه‌ای است که در آن جریان بین کلکتور و امیتر بوسیلهٔ جریان خیلی کمتری که بین بیس و امیتر برقرار است کنترل می‌شود. ساختمان داخلی یک ترانزیستور NPN همراه با علامت تجاری آن در شکل (۱ – ۵) نشان داده شده است.



شکل (۱–۵) – ساختمان داخلی ترانزیستور نوع NPN.

مواد نوع N دارای الکترونهای اضافی است و نوع P دارای بارهای حامل مثبت اضافی که حفره نامیده می‌شوند می‌باشند هنگامی که یک اتصال از نوع P و N شکل می‌گیرد یک منطقهٔ تخلیه‌ای بوجود می‌آید که در آن هیچگونه بارهای حامل آزادی وجود ندارد.

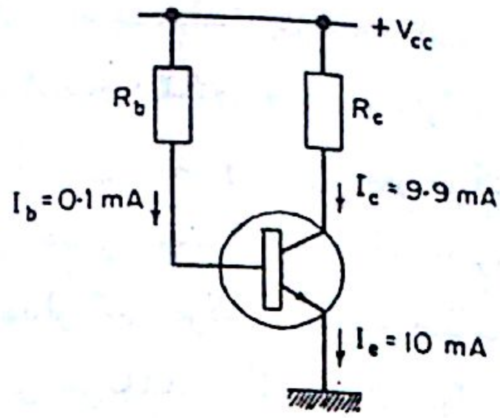
یک تراتزیستور سیلیکان برای صحیح کارکردن احتیاج به ولتاژ بایاس مستقیمی در حدود تقریبی ۶۰۰+ میلی‌ولت بین پایهٔ بیس و امیتر دارد، تا

بر پتانسیل محل اتصال که بوسیلهٔ بارهای ثابت شده در منطقهٔ تخلیه بوجود آمده غلبه کند. اتصال کلکتور و بیس دارای بایاس معکوس می‌باشد. الکترونها از اتصال پیوند بین امیتر و بیس عبور می‌کنند، اما چون درطراحی مقدار الکترونهای امیتر خیلی بیشتر از تعداد حفره‌های بیس درنظر گرفته شده‌اند، فقط در یک مقدار کمی ترکیب مجدد صورت می‌پذیرد. این ترکیب مجدد همان جریان بیس می‌باشد. اکثر الکترونها در طول بیس پخش و یا پراکنده میشوند تا اینکه به ناحیهٔ تخلیهٔ اتصال بین بیس وکلکتور برسند. درآنجا آنها بوسیلهٔ میدان مثبت کشیده و جمع‌آوری می‌شوند. الکترونهایی که جریان بین کلکتور و امیتر را تولید کرده‌اند حاملهای اکثریت نامیده می‌شوند چرا که آنها بیشتر از مقدار کم حفره‌ها در بیس بوده‌اند طرز کار یک ترانزیستور PNP مشابه NPN می‌باشد بجز اینکه پلاریتهٔ تغذیهٔ آن فرق می‌کند و حاملهای اکثریت، حفره‌ها می‌باشند.

یک ترانزیستور می تواند در سه حالت بیس مشترک، امیتر مشترک، کلکتور مشترک کار کند. بیس، امیتر و کلکتور شاخهٔ مشترکی را بین سیگنال ورودی و خروجی می‌سازند. هرسه حالت فوق مورد استفاده قرار می‌گیرند اما در حالت امیتر مشترک بیشترین بهره را داریم. بین سه‌جریانی که در یک ترانزیستور دوقطبی وجود دارد (با حذف جریان نشتی) رابطهٔ زیر برقرار است:

$$I_E = I_C + I_B$$

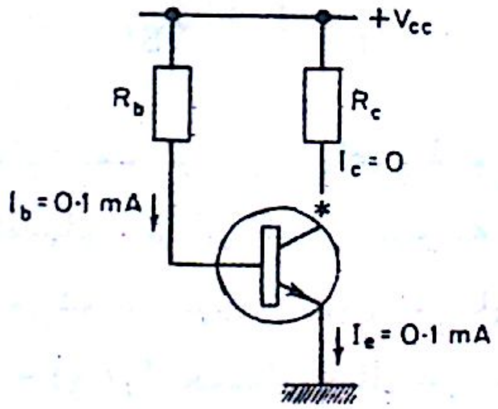
جریان بیس I_B خیلی کمتر از جریانهای I_E و I_C می‌باشد. این بدین دلیل است که اکثر حاملهای جریان که از امیتر به بیس می‌روند بوسیلهٔ کلکتور بسرعت جذب می‌شوند جریان بیس تقریبا‌ن ۰/۰۱ جریان امیتر می‌باشد. شکل (۱ – ۶)A را بعنوان مثال در نظر بگیرید که در آن $I_E = 10$ mA، $I_B = 0.1$ mA و $I_C = 9.9$ mA در نظر گرفته شده‌اند. برای این ترانزیستور بهرهٔ جریان h_{FE} بین امیتر و کلکتور ۰/۹۹ می‌باشد.



شکل (۱—۶) A — مسیر جریان در مدار یک ترانزیستور نمونه.

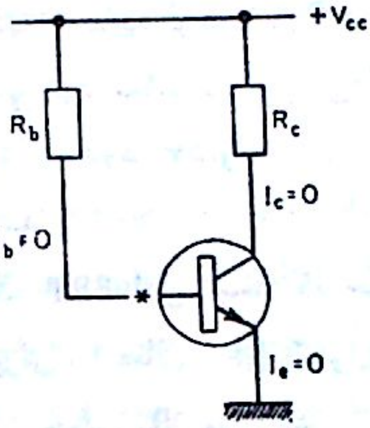
(زیرا $h_{FE} = I_C / I_E$) و این بهرهٔ جریان برای وقتی است که ترانزیستور در حالت بیس مشترک وصل شده است.

بهرهٔ جریان h_{FE} بین بیس و کلکتور ۹۹ می‌باشد (زیرا $h_{FE} = I_C / I_E$) و این بهرهٔ جریان برای وقتی است که ترانزیستور درحالت امیتر مشترک وصل شده است. نکتهٔ مهم اینکه h_{FE} پارامتری است درترانزیستورهای نوع NPN و PNP که در حد وسیعی متغیر می‌باشد. این موضوع در هر جدول مشخصه‌ای با یک نگاه سطحی قابل تشخیص است. حدود تغییرات h_{FE} برای نمونه بین ۵۰ تا ۵۰۰ می‌باشد. هر مداری بایستی طوری طراحی بشود که دراین محدود باشد.



شکل (۱—۶) B — مسیر جریان شکل A با قطع پایهٔ کلکتور.

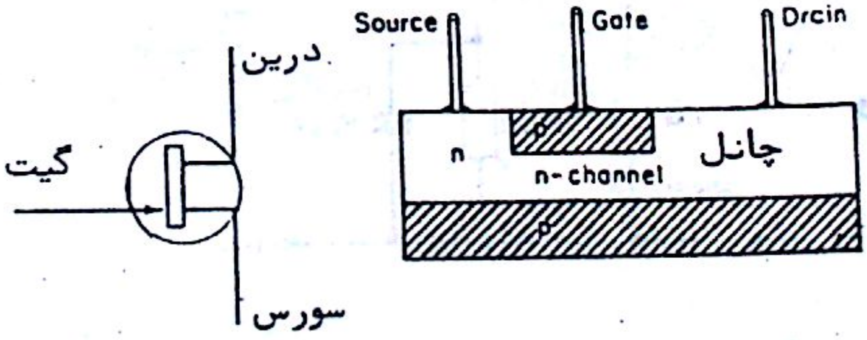
اگر در یک ترانزیستور کلکتور قطع شود باز جریان از بیس می‌گذرد و این جریان از امیتر عبور می‌کند (۱ — ۶) B بهرحال اگر بیس یا امیتر قطع شود صرفنظر از یک جریان نشتی کم، جریان موثر صفر خواهد بود (۱—۶) C . فصل دوم در مورد عیبهای ترانزیستور" تقویت‌کننده امیتر مشترک" یک ترانزیستوری بیشتر بحث خواهیم کرد.



شکل (۱—۶) C — مسیر جریان شکل A با قطع پایه‌ء بیس.

۴— ترانزیستورهای یک قطبی خانواده‌ء FET

طرز کار FETها با ترانزیستورهای دوقطبی تفاوت دارد بطوری که جریانی که از FET می‌گذرد. بوسیله‌ء یک ولتاژ ورودی کنترل می‌شود پایه‌هایش Drin ، Source ، Gate نامیده می‌شود. شمای ساده یک FET با ساختمان داخلی از نوع N در شکل (۱— ۷) نشان داده شده است. که از یک میله‌ء



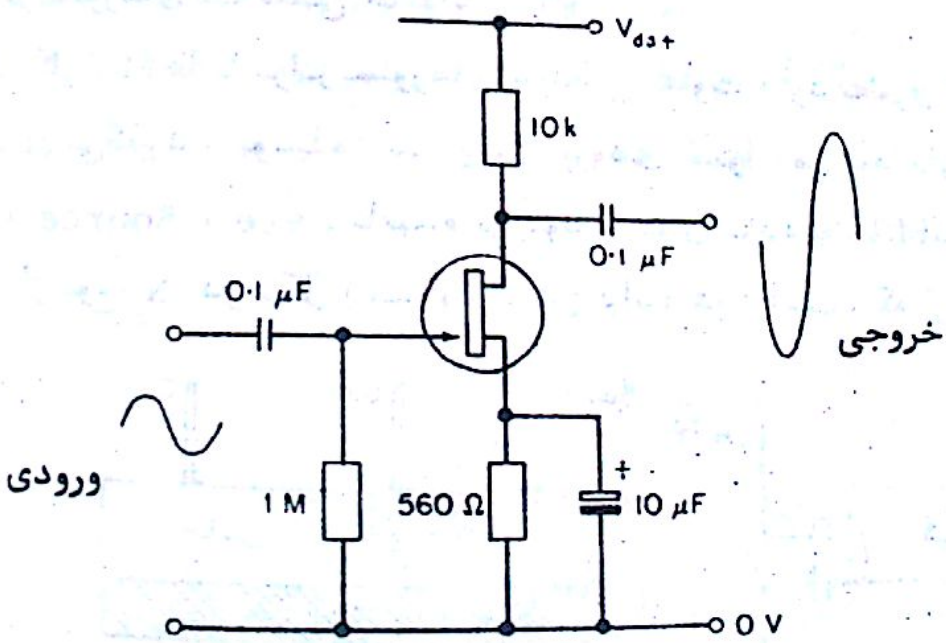
شکل (۱—۷) ترانزیستور FET با کانال (چانل) N.

نوع N ساخته و در دوسر آن پایه‌های درین و سورس ساخته می‌شوند . برروی میله دو ناحیهء P درست مخالف یکدیگر وجود دارد و بهم متصل می‌باشند که گیت نامیده می‌شود .

وقتی ولتاژ بین درین وسورس مثبت باشد جریانی بین آنها برقرار میشود که ولتاژ گیت نسبت به سورس منفی گردد این جریان خیلی کم می‌شود . وقتی که گیت منفی است یک ناحیهء تخلیه بوجود می‌آید واین باعث کم شدن عرض کانال بین سورسو درین می‌شود بنابراین جریان کم می‌گردد . وقتی که گیت به اندازهء کافی منفی شود ، حدود ۳ـ ولت این ناحیهء تخلیه بسته شده و جریان درین قطع خواهد شد .

مهمترین مشخصهء یک FET این است که جریان درین بوسیلهء ولتاژ بایاس معکوس گیت به سورس، اتصال NP کنترل می‌شود . این بدین معنی است که امپدانس ورودی آن خیلی بالا می‌باشد .

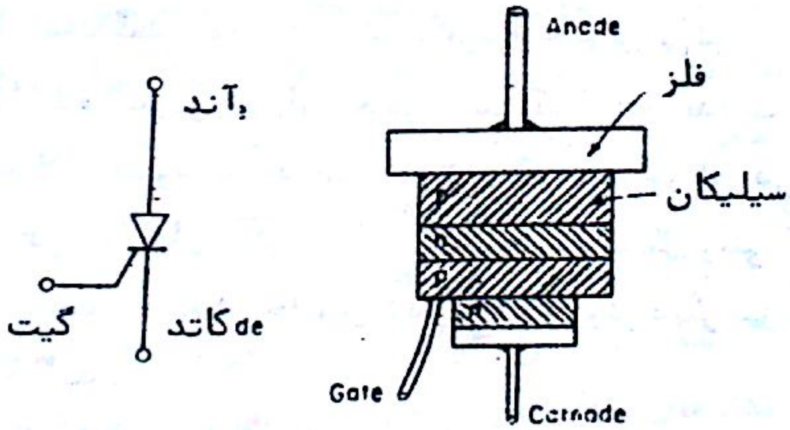
یک مدار تقویت کنندهء FET در شکل (۱ـ ۸) نشان داده شده‌است .



شکل (۱ـ۸) ـ تقویت کنندهء FET نمونه .

FET ها در مقابل سیگنالهای پائین مانند یک مقاومت خطی رفتار می‌کند که می‌تواند بوسیلهٔ ولتاژ گیت ، مقاومتهایی از چند صد اهم تا چند صدمگا اهم را سوئیچ کند . این درمدارهای سوئیچینگ و مدارهای قطع‌کننده (جریان کم) می‌تواند مفید باشد .

نوع دیگر FET یک ترانزیستوری است با یک لایهٔ اضافی از فلز اکسید سیلیکان که درآن ازاثرمیدان الکتریکی استفاده شده‌است (MOS-FET) بعضی اوقات با IG-FET و یا MOST نیز مشخص می‌شوند این وسیله از نظر ساختمان با FET متفاوت است بطوری که درآن گیت عملا" از کانال انتقال ، بوسیله یک لایه‌عایق اکسید فلزی جدا می‌باشد . جریانی که از داخل کانال عبور می‌کند بوسیلهٔ میدان الکترواستاتیکی بین گیت و Substrate کنترل می‌شود . چنین وسایلی یک امپدانس ورودی خیلی زیادی دارند و دردست زدن و لحیم‌کاری با آنها بایستی دقت کرد بطوری که میدانهای الکترو استاتیکی پراکنده‌ناشی از بدن انسان وغیره بسادگی می‌توانند آن لایه نازک عایق را خراب کنند .



شکل (۱-۹) لایه‌های تشکیل دهندهٔ تریستور .

۵ـ تریستورها و تریاک‌ها

تریستور یا یکسوکننده سیلیکانی کنترل‌شده (SCR) و یکی دیگر ازقطعات که در حالت جامد بعنـوان یک کلید قطع و وصل خیلی سریع توان، عمل می‌کند و امروزه بمقدار خیلی زیاد بجای رله‌های قدیمی و سوئیچهای مکانیکی مورداستفاده قرار می‌گیرد. در شکل (۱ـ۹) ساختمان وعلامت آن نشان داده شده است.

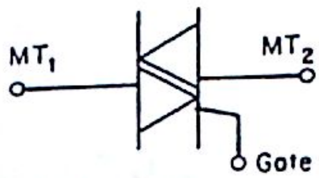
بطوری که دیده می‌شود از چهار لایهٔ نیمه‌هادی به صورت PNPN که بین دو قطعه فلز، محصور می‌باشند ساخته شده است. تریستور به دو صورت بکار می‌رود یکی اینکه بعنوان یک قطع کننده مدار و دومی بعنوان یکسوکننده که به چگونگی استفاده از گیت وابسته است. انتقال بین آند و کاتد در هردو جهت معکوس و مستقیم مسدود است. گیت هیچگونه کنترلی روی مشخصه‌های معکوس ندارد، اما درحالت مستقیم می‌تواند طوری بکار برده شود که هدایت را برقرار سازد. هنگامی که یک سیگنال کم بین گیت و کاتد برقرار شود تریستور بکار افتاده و با افت ولتاژ کمی در دوسر آن جریان مستقیم زیادی از آن عبور می‌کند. اگر جریان عبوری از تریستور جریانی که به جریان نگهدارنده موسوم است کمتر شود، تریستور یکمرتبه خاموش می‌شود.

جریان نگهدارنده کمترین جریان معینی است که ادامه هدایت را تامین می‌کند و این معمولا" حدود ده درصد (۱۰%) ماگزیموم جریان در جهـت مستقیم می‌باشد. در مدارهای کنترل توان در هرنیم سیکل وقتی که تغذیه معکوس می‌شود. تریستور طبیعتا" خاموش شده و با دو روش دیگر نیز می‌تواند به حالت هدایت درآید.

الف ـ بوسیله اعمال ولتاژ درولتاژ شکست مستقیم.

ب ـ اینکه بین آند و کاتد سیگنالی قرار دهیم که شکل موج ولتاژش خیلی سریع (حدودا" بیشتر از ۵۰ ولت درهر میکروثانیه) افزایش یابد، اما معمولا این سیگنال گیت می‌باشد که برای کنترل کار تریستور بکار می‌رود.

تریاک در اصل تشکیل شده است از دو تریستور که بحالت موازی و معکوس بهم متصل می‌باشند (شکل ۱ــ۱۰)



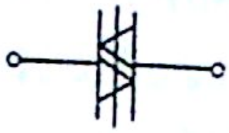
شکل (۱ــ۱۰) ــ تریاک .

این قطعه می‌تواند با سیگنال کنترلی که به گیت آن داده‌می‌شود درهردو حالت‌هدایت مستقیم یا معکوس عمل کند . کاربرد اصلی آن در مدارهای کنترل تمام موج AC می‌باشد .

۶ــ دیاک

در مدارهایی که در آنها تریستور و تریاک استفاده شده است اغلب از این قطعه بعنوان وسیلهٔ راه‌اندازی استفاده می‌شود . علامت آن در شکل (۱ــ۱۱) نشان داده شده است . اگر ولتاژ دیاک از ولتاژ کار آن که معمولاً" حدود ۳۰ ولت می‌باشد تجاوز نکند این قطعه در هیچ جهتی چه مستقیم و چه معکوس هدایت نمی‌کند . همینکه ولتاژ دیاک از ولتاژ کارآن بیشترشد . دیود یک مقاومت منفی را از خود نشان می‌دهد و جریان افزایش می‌یابد درحالی که ولتاژ دو سر دیاک کم می‌شود به بیان دیگر در یک ولتاژ بالا دیاک یک پالس جریان کم را ازخود عبور می‌دهد .

به علت قرینه بودن طرز کار دیاک (در هر دو حالت مستقیم و معکوس) در ساختن مدارهای راه‌اندازی (مقرون به صرفه) برای کنترلهای تمام‌موج AC که با تریاک ساخته می‌شوند ، این قطعه خیلی مفید می‌باشد . بعضی مدارات داریم که متشکل از دیاک و تریاک در یک محفظه است که Quadracs نامیده می‌شوند .



شکل (۱-۱۱) - دیاک.

۱-۴- وسایل اندازه‌گیری و روشهای آزمایش

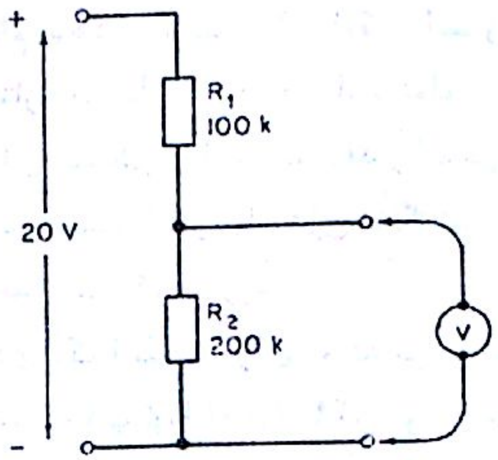
۱- اندازه‌گیرها

برای اطلاع یافتن از اثرات یک عیب بخصوص، ولتاژ یک سری نقاط حساس بدست آورده می‌شود. این اطلاعات با اطلاعات دیگر در مورد طرز کار مدار (اعوجاج خروجی - گرمای قطعه) معمولا" همان چیزی است که برای تشخیص صحیح عیب لازم می‌باشند. بنابراین تنها وسیله‌ٔ اصلی در وسایل آزمایش برای پیدا کردن عیب، یک اندازه‌گیر مانند مولتی‌متر است که می‌تواند چندین کار مختلف را انجام دهد (ولتاژ، آمپر، اهم).

بایستی به ازای هرولت‌حداقل مقاومتی برابر با ۲۰ کیلواهم در محدوده‌ٔ DC داشته باشد. این مهم است که دستگاه اندازه‌گیری، مقاومت نسبتا" زیادی دارد در غیر این‌صورت اثر بار رسیده به ولتمتر ما را به نتیجه نادرستی می‌رساند. همچنین در زمان اندازه‌گیری ولتاژ در مدارهایی که مقاومتهای خیلی زیادی دارند اثر بار رسیده بایستی در نظرگرفته شود. به عنوان مثال مدار تقسیم‌کننده‌ٔ ولتاژی را که در شکل (۱-۱۲) نشان داده شده است در نظر بگیرید.

ولتاژ دوسر مقاومت R_2 بایستی ۱۳/۳ ولت باشد. اگر یک دستگاه اندازه‌گیری با مقاومت ۲۰ کیلواهم که روی محدوده‌ٔ ۱۰ ولت DC تنظیم شده را به دو سر R_2 وصل کنیم عملا" حدود ۱۰ ولت را نشان می‌دهد. اگر محدوده‌ٔ بالاتری روی دستگاه اندازه‌گیری انتخال کنیم جریان دستگاه کاهش می‌یابد و یک اندازه صحیح‌تری را نشان می‌دهد. پس همیشه دراندازه‌گیری

ولتاژ مدارهایی که مقاومت زیادی‌دارند عاقلانه است که بالاترین محدودهٔ ممکن را انتخاب کنیم .



شکل (۱ــ۱۲) ــ با یک‌دستگاه اندازه‌گیری ولتاژخروجی یک تقسیم‌کنندهٔ ولتاژ ، که از دو مقاومت نسبتا" پر اهم تشکیل شده است انـــدازه بگیرید . در محدودهٔ ۱۰ ولتی مقدار تقریبی ۱۰ ولت‌را‌نشان می‌دهد . در حالی که مقدار ولتاژ اصلی خروجی ۱۳/۳ ولت است .

این دستگاه بوسیلهٔ آشکارسازهای دیجیتالی ولتاژ ، جریان یا مقاومت اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد. هرچه تعداد رقمهای بیشتری بکار رود دقت خواندن بالاتر می‌رود مقاومت ورودی این دستگاهها حدود ۱۰ مگااهم می‌باشد بدین معنی که این دستگاه جریان کمی از مدار اندازه‌گیری شده می‌کشد .

بنظر می‌رسد که به علت دقت و راحتی در خواندن مقادیر همچنین مقاومت ورودی زیاد ، این دستگاهها جایگزین اندازه‌گیرهای نوع سیم‌پیچ متحرک خواهند شد . بهرحال جز بعضی موارد ، درتمام تمرینهای فصلهای آینده صرفا" بعلت قابل دسترس بودن دستگاه اندازه‌گیری نوع سیم‌پیچ متحرک از وجود آنها استفاده خواهد شد .

۲ــ اسیلوسکوپ با شعاع کاتدی

در میان دیگر وسایل اندازه‌گیری از نقطه نظر عیب‌یابی اسکوپ با شعاع کاتدی مهم می‌باشد شاید این بهترین وسیله اندازه‌گیری باشد که قادر است چندین‌کار را انجام دهد. بوسیلهٔ آن امکان اندازه‌گیری (DCو AC) مقادیر ثابت و متناوب ولتاژ ،جریان، زاویهٔ فاز و تمام محدوده‌های کمیتهای دیگر را داریم. دقت آن بستگی زیادی به مقدار توجهی دارد که صرف تنظیم دستگاه می‌شود. در بیشتر اسکوپها مدرن سیگنالهای داخلی وجود دارد که برای تنظیم‌کردن مدارات بکار می‌رود.

امپدانس ورودی یک اسکوپ برای نمونه برابر است با یک‌مگااهم ، که یک خازن (در محدودهٔ ۲۰ پیکوفارادی) با آن موازی می‌باشد. امپدانس ورودی (مقاومت ظاهری) همیشه بوسیلهٔ یک Probe مخصوص قابل افزایش می‌باشد. پروب یک کابل هادی برای آزمایش است که شامل یک شبکهٔ فعال یا غیرفعال در انتهاو یا در بعضی از نقاط طول کابل می‌باشد. پروب ، تقسیم کننده ولتاژ ، یک تضعیف‌کننده اساسی با یک موازنهٔ فرکانس در حد خوبی می‌باشد. و بایستی قبل از استفاده چک شود و به سالم‌بودن آن اطمینان داشت. این تضعیف‌کننده یک تضعیف سیگنال بالا می‌باشد و به عنوان نمونه بصورت $\frac{۱}{۱۰}$ و $\frac{۱}{۱۰۰}$ می‌باشد که به همین دلیل پروب را ۱۰× یا ۱۰۰× می‌نامند.

قلب یک اسکوپ لامپ کاتدی آن می‌باشد. این وسیله از یک تفنگ الکترونی ، یک سیستم انحراف‌دهنده و یک صفحهٔ فلورسانس تشکیل شده است. بوسیلهٔ تفنگ الکترونی یک شعاع الکترونی با تمرکزی عالی و باسرعتی زیاد ساخته می‌شود. این شعاع الکترونی از بین دو جفت صفحه که با زاویهٔ ۹۰ درجه نسبت به هم قرار گرفته‌اند می‌گذرد. بوسیلهٔ ولتاژهایی که به صفحه‌ها داده می‌شود این شعاع در دو جهت افقی و عمودی منحرف شده و سرانجام این شعاع به صفحه برخورد کرده و نقطهٔ ریز روشنی بوجود می‌آید. بوسیلهٔ سیگنالهایی که به صفحات انحراف‌دهندهٔ افقی و عمودی داده

می‌شود این نقطه نورانی در روی صفحه به حرکت درآورده می‌شود. این سیگنالها بوسیلهٔ تقویت‌کنندهٔ Y و نوسان‌ساز زمانی ساخته می‌شوند. سیگنال مورد اندازه‌گیری را که به ورودی Y اسکوپ می‌دهیم بوسیلهٔ کلیدهای تضعیف کننده (کنترل اندازه Y) ضعیف شده و سپس بوسیلهٔ تقویت‌کنندهٔ Y تقویت و به صفحات عمودی اسکوپ داده می‌شود در همان زمان مدار نوسان‌ساز زمانی برای ساختن سیگنال دندانه‌اره‌ای راه می‌افتد، و وقتی که این سیگنال به صفحات افقی داده شود باعث می‌شود که نقطه نورانی در طول صفحه به صورت یکنواخت حرکت کند و به عقب برگشته تا عمل را مجددا" تکرار کند. در نتیجه یک شکل روشنی از سیگنال ورودی روی صفحه ظاهر می‌شود.

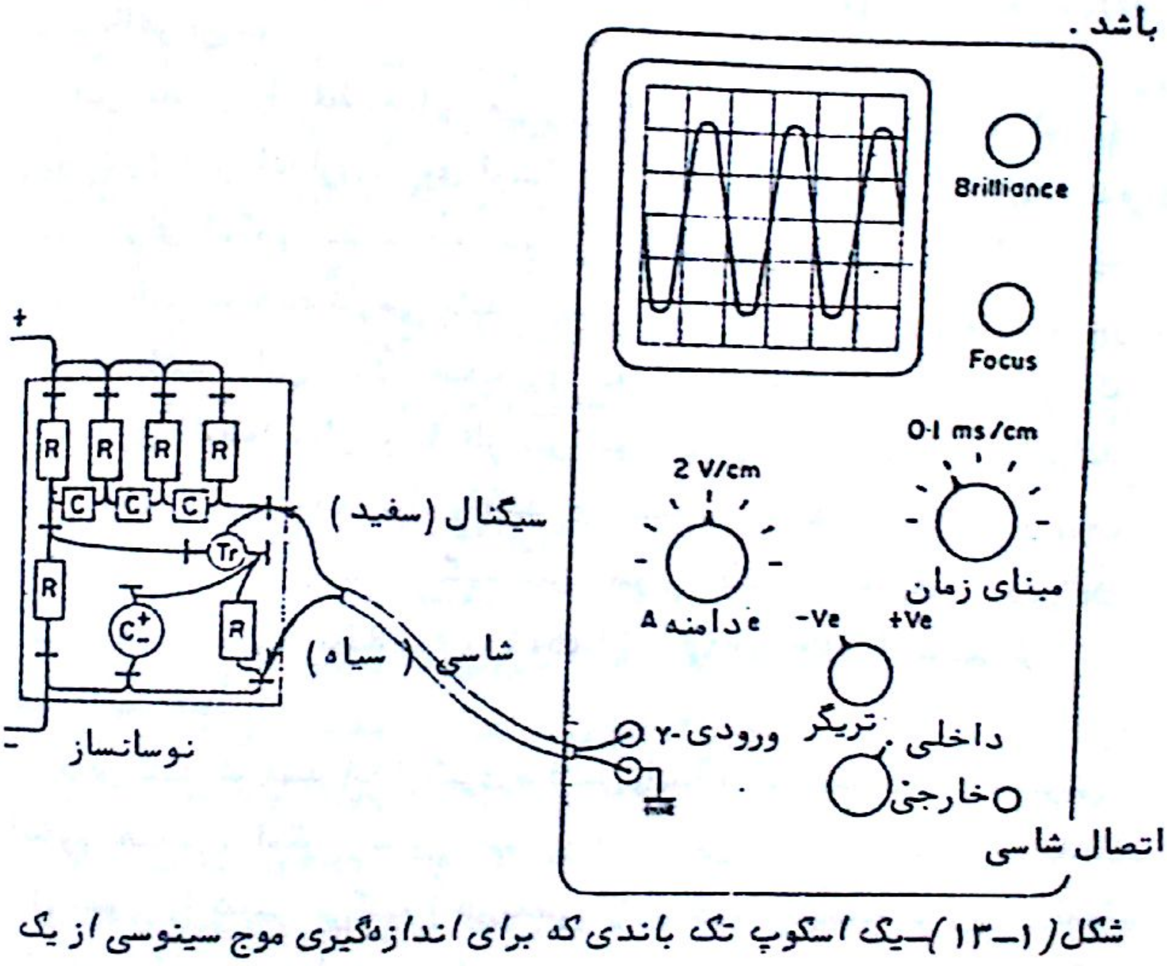
این تصویر را فقط زمانی می‌توان ثابت نگهداشت که کلید کنترل Trigger (راه‌اندازی) روی اوسیلاتور زمانی اسکوپ بخوبی تنظیم شده باشد. برای اسکوپ یک بانده، دو روش راه‌اندازی خارجی و داخلی وجود دارد. زمانی موقعیت‌خارجی باید انتخاب شود که یک سیگنال راه‌اندازی در دسترس باشد، این روش همانطوری که بعدا" خواهیم دید زمانی که اندازه‌گیری رابطهٔ زمان و یا فاز بین دو سیگنال مورد نظر باشد می‌تواند خیلی مفید روش عادی براه راه‌اندازی انتخاب راه‌اندازداخلی (در روش داخلی) باشد. برای ثابت نگهداشتن تصویر، کلید راه‌اندازی را روی INT و سپس کلید TRIG.LEVEL (Or Trig .Stability) را تنظیم کرده تا تصویر ثابت شود.

فرض کنید که قصد اندازه‌گیری فرکانس واندازهٔ یک سیگنال موج سینوسی نامعلوم هستیم. اسکوپ بدون هیچ ورودی روشن می‌باشد. بنابراین ابتدا محل تصویر را تعیین می‌کنیم (در بعضی از وسایل یک سوپئیچ یا بندهٔ شعاع الکترونی ساخته شده است) برای بدست آوردن یک خط باریک روشن روی صفحه کنترل Brill و Focus را بایستی تنظیم کنیم. سیگنال مورد

Y را به ورودی Y می‌دهیم و کنترل اندازهٔ اندازه‌گیری را مطابق شکل (۱-۱۳) و سوئیچ TIME را آنقدر تنظیم می‌کنیم تا سیگنال بسادگی قابل اندازه‌گیری باشد. دراین مثال کنترل اندازهٔ Y روی 2 V/Cm و سوئیچ TIME روی 0.1 mS/Cm می‌باشد. بنابراین سیگنال نامعلوم دارای حداکثر ۵ ولت و دورهٔ تناوبی برابر با ۰/۲۰ میلی‌ثانیه می‌باشد. و فرکانس بصورت زیر بدست می‌آید.

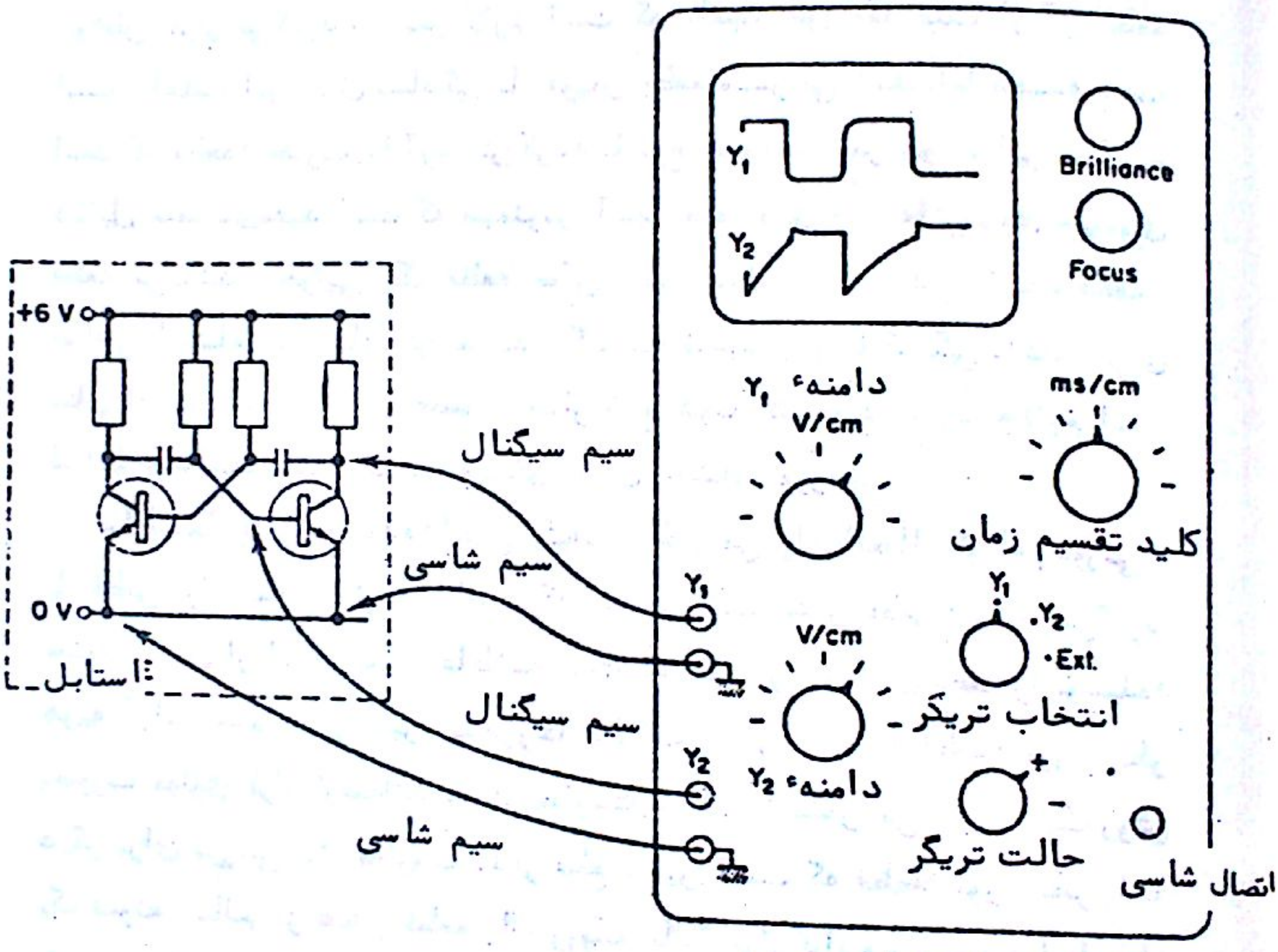
$$F = \frac{1}{T} = \frac{1}{0/2.\ 10^{-3}} = 5\ KHZ$$

همانطوری که قبلا" گفته شده اسکوپ یک وسیله‌ای است که‌کارهای زیادی را انجام می‌دهد اما همیشه برای اطمینان بایستی بطور صحیحی تنظیم شده باشد.



شکل (۱-۱۳) یک اسکوپ تک باندی که برای اندازه‌گیری موج سینوسی از یک نوسانساز بکار رفته است.

اسکوپهای مدرن، دوباند شعاع الکترونی دارند که برای نشان دادن دو سیگنال که از نظر زمانی بهم مربوطند مورد استفاده دارد. بعنوان مثال در شکل (۱-۱۴) سیگنالهای یک اسیلاتور Astable (پایدار یک حالت) نشان داده شده است. فقط از یکی از کانالها برای راه‌اندازی نوسانساز زمانی می‌توان استفاده کرد بنابراین یک سوئیچ دیگر برای انتخاب یکی از دو



شکل (۱-۱۴) اسکوپ دوباند برای اندازه‌گیری دوفرم موج هم‌زمان از یک مولتی‌ویبراتور استابل که ورودی Y_1 از نیمهٔ مثبت صفحه به بالا شروع می‌شود.

ورودی Y_1 و یا Y_2 برای راه‌انـداز داخلی اضافه شده است . در ضمن اسکوپ یک باندی می‌تواند برای اندازه‌گیری فاز بین دو سیگنال استفاده شودو برای اینکار مادامی که یکی از سیگنالها را به ورودی Y داده‌ایم سیگنال دیگر را به راه‌انداز خارجی اوسیلاتور زمانی می‌دهیم .

۳ ــ روش سادهٔ آزمایش قطعه

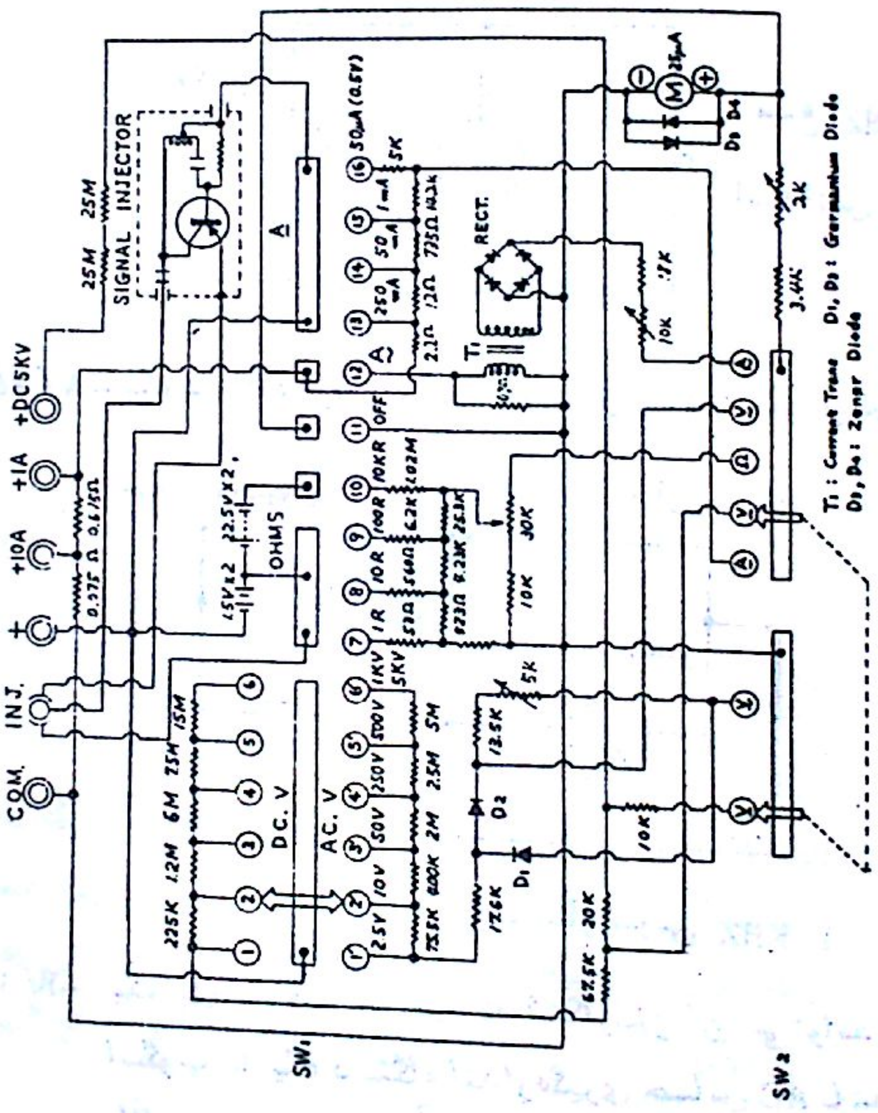
وقتی یک وسیله‌ای در حال سرویس و آزمایش باشد قطعهٔ مشخصی مورد سوءظن قرار می‌گیرد . سپس لازم است که تائید شود که عیب از آن قطعه است . اغلب این عمل بسادگی با تعویض قطعه میسر می‌باشد .اما همیشه خوب است که قطعهٔ معیوب را آزمایش کرده تا نوع عیب مشخص شود . این عمل به دلایل متعددی‌مفید است که مهمترین آنها جمع‌آوری اطلاعاتی روی عیبهای قطعه می‌باشد . خرابی یک قطعه ممکن است بدلیل عیب در ساخت قطعه ، طراحی اشتباه ، روشهای تولید بد (کیفیت ضعیف) و یا کهنگی باشد . برای مثال اگر تعداد زیادی از قطعات مدار قطع شوند کارخانهٔ سازنده لازم است که اطلاع داشته باشد ، تا از عیبهای بعدی اجتناب ورزد .

با استفاده از محدودهٔ اهمی یک‌اندازه‌گیر می‌توان اتصال کوتاه (شورتی) یا قطعی را مشخص کرد ، مادامی‌که بررسی یک مدار قطع انجام می‌گیرد معمولا" قبل از اندازه‌گیری عاقلانه است که یکی از پایه‌های قطعه را بوسیلهٔ هویه آزاد کنیم . در غیر اینصورت قطعات دیگری که با قطعهٔ مورد نظر بصورت موازی قرار گرفته‌اند مقدار مقاومت غلطی را نشان می‌دهند . یک روش دیگر برای بررسی یک مقاومت مدار قطع ، این است که قطعهٔ مورد نظر را با یک نمونهٔ سالم از همان قطعه را در یک"پل" قرار داده و سپس شرایط مدار را بررسی کنیم .

برای امتحان خازنهای نشتی می‌توانیم از یک اهمتر استفاده کنیم . البته بایستی یکی از پایه‌های خازن را از مدار قطع کرده باشیم . خازن الکترولیت سالم بلافاصله پس از جدا شدن از مدار بایستی مقاومت کمی را نشان دهد ،

اما مقدار مقاومت بایستی بسرعت افزایش یابد تا به بینهایت برسد . برای امتحان هرچه بهتر یک خازن مدار قطع ، یک خازن سالم با همان مقدار را به صورت موازی با آن قرار داده و طرز کار مدار را امتحان می‌کنیم ، و یا بوسیله جدا ساختن خازن از مدار و امتحان کردن آن بر روی دستگاه آزمایشگاهی Set-up بطوریکه در شکل (۱–۱۵) نشان داده و از یک ژنراتور فرکانس

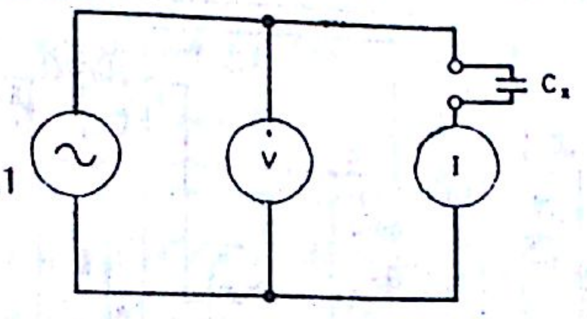
مولتی‌متر مدرن



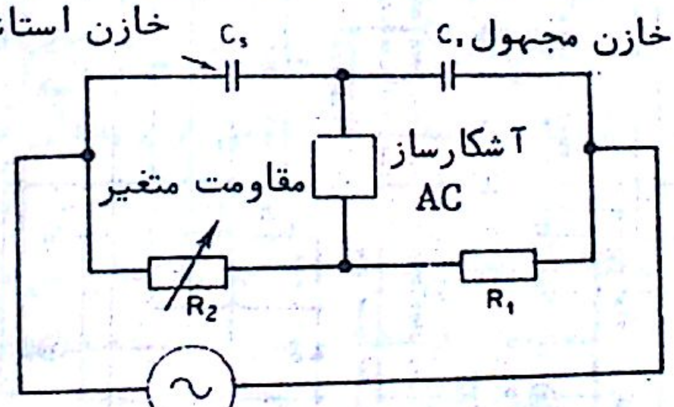
پائین حدود 1 KHZ و دو عدد اندازه‌گیر تشکیل شده که C_X برابر است با :
$C_X = \frac{1}{2\ fV.}$ با دقتی بیش از ±۱۰٪ برای مقادیر بین ۱۰۰۰ پیکوفاراد تا ۱ میکروفاراد .

روش بهتر این است که با استفاده از یک پل AC مطابق شکل (۱–۱۵) B خازن مورد نظر را با یک نمونه استاندارد از آن مقایسه کنیم :

برای امتحان دیودها و ترانزیستورها و نیمه‌هادیهای دیگر می‌توانیم از محدودهٔ اهمی یک دستگاه اندازه‌گیری (مولتی‌متر) استفاده کرد اول لازم



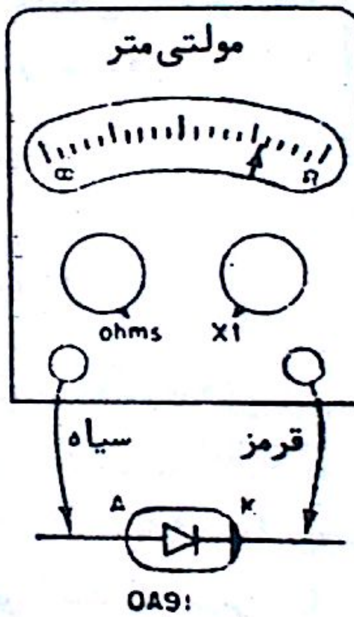
شکل (۱–۱۵) A– یک دستگاه آزمایشگاهی نمونه برای اندازه‌گیری خازن .



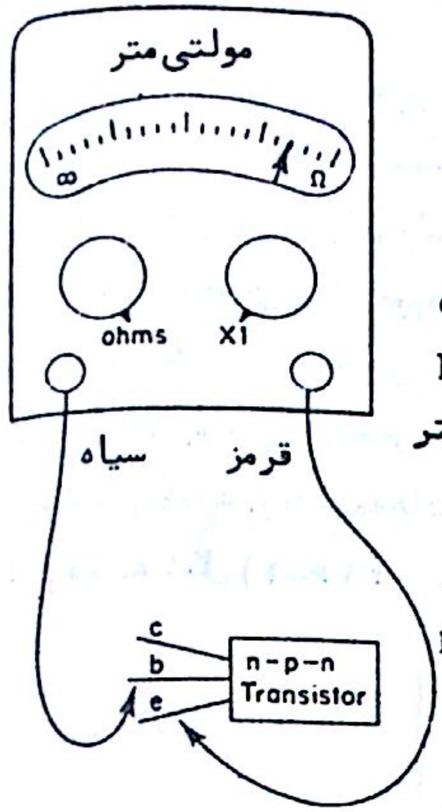
شکل (۱–۱۵) B– یک پل مستقیم خازنی که آشکارساز آن می‌تواند یک گوشی اسکوپ یا یک دستگاه اندازه‌گیری حساس AC باشد در زمان بالانس .

$$C_X = \frac{R_2}{R_1} C_S$$

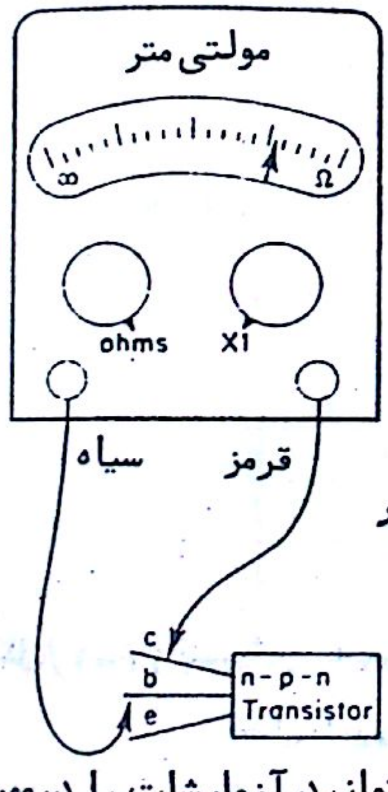
است که مشخص شود باطری دستگاه اندازه‌گیری ما چگونه وصل شده‌اند. برای مثال در یک دستگاه نمونه کابل مشترک (با رنگ سیاه مشخص شده) در محدودهٔ مقاومتی دارای ولتاژ مثبتی می‌باشد. اگر نوع اتصال را در دستگاه اندازه‌گیری بخصوص که مورد استفاده شما می‌باشد نمی‌دانید، پلاریته آن را می‌توانید با وصل نمودن دستگاه خود (روی محدودهٔ مقاومتی) به یک ولتمتر الکترونیکی مشخص نمائید، و یا بوسیلهٔ اندازه‌گیری مقاومت مستقیم و معکوس یک دیود نیمه‌هادی با پلاریته مشخص این عملرا انجام دهید. با توجه به شکل (۱-۱۶)



شکل (۱-۱۶) برای تعیین پلاریتهٔ (قطب مثبت و منفی) یک دستگاه اندازه‌گیری مولتی‌رنج در صورتی که سوئیچ روی اهمتر باشد از یک دیود نیمه‌هادی استفاده می‌کنیم در صورتی که سیم سیاه به مثبت باتری داخلی وصل باشد دستگاه اندازه‌گیری مقاومت کمی را نشان می‌دهد.

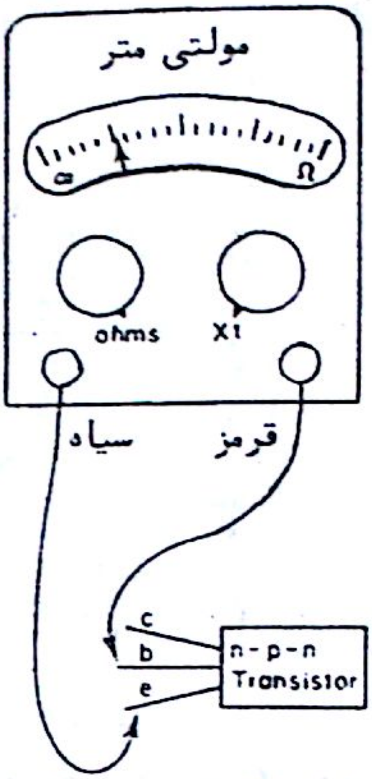


شکل (۱—۱۷) — اندازه‌گیری مقاومت بیـــن پایه‌های یک ترانزیستور NPN بوسیلهٔ یک دستگاه مولتی‌متر به صورتی است که بیس با امیتر بایاس معکوس شده در نتیجه مقاومتی زیادتر از $1\,k\Omega$ را نشان می‌دهد .



شکل (۱—۱۷) — اندازه‌گیری مقاومت بین پایه های یک ترانزیستور NPN به وسیلهٔ یک دستگاه مولتی‌متر بصورتی است که بیس بـا کلکتور بایاس معکوس شده در نتیجه مقاومتی زیادتـر از $1\,k\Omega$ را نشان می‌دهد .

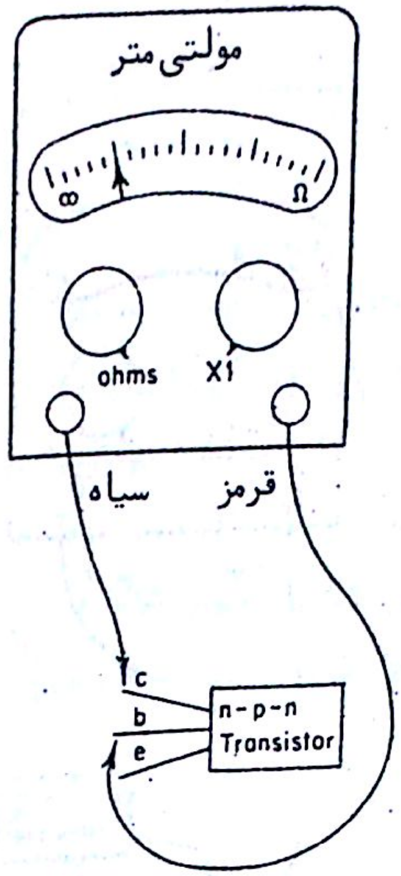
پس از مشخص کردن پلاریتهٔ اهمتر ، شما می‌توانید آزمایشات را درمورد امتحان ترانزیستور انجام دهید . اول تمام پایه‌های قطعه رامشخص می‌کنیم . با توجه به دو شکل (۱—۱۷)



شکل (۱-۱۷) ـ اندازه‌گیری مقاومت بین پایه‌های یک ترانزیستور NPN به یک دستگاه مولتی‌متر بصورتی باشد که بیس با امیتر بایاس مستقیم شده درنتیجه مقاومتی کمتر 100 kΩ را نشان می‌دهد .

طبق دو شکل فوق ، مقاومت مستقیم و معکوس هردوپایهٔ ترانزیستور را اندازه‌بگیرید تا دو پایه‌ای را که در هردوحالت ، مقاومت بین آنها زیاد (بیشتر از ۱۰۰ کیلو اهم) می‌باشد پیدا کنید . که این پایه‌ها حتما" کلکتور و امیتر می‌باشند پایهٔ باقی‌مانده بیس است .

مقاومت بین بیس و پایه‌های دیگر ترانزیستور را اندازه‌بگیرید ، که مقدار مقاومت آن در یک جهت کم (1K) و در جهت دیگر زیاد (بیشتر از 100K) می‌باشد . درصورتی که کابل قرمز (مثبت) اهمتر به بیس ترانزیستور وصل باشد . اگر مقدار مقاومت کم بود ترانزیستور از نوع NPN است . و با عکس کردن عمل می‌توان ترانزیستور نوع PNP را هم مشخص نمود .



شکل (۱-۱۷) - اندازه‌گیری مقاومت بین پایه‌های یک ترانزیستور NPN به‌وسیلهٔ یک دستگاه مولتی‌متر بصورتی باشد که بیس با کلکتور بایاس مستقیم شده درنتیجه مقاومتی کمتر از 1kΩ را نشان می‌دهد.

روش بالا هم مشخص می‌کند که هردو پیوند امیتر، بیس و کلکتور، بیس ترانزیستور سالم هستند. اگر پایه‌ای در هردوجهت مقاومت زیادی را نشان دهد آن پایهٔ مدار قطع شده است و مقاومت کم در هر دوجهت علامت از کار افتادگی می‌باشد.

هنگامیکه قطعه‌ای را امتحان می‌کنید مخصوصا" در ترانزیستورهای FET ها و IC ها همیشه موارد زیر را درنظر بگیرید.

۱- درمورد منابع تغذیه، پایه‌های قطعات اصلی و IC ها مستقیما" چک کنید.

۲- از کابلهای بلند در دستگاههای آزمایشگاهی استفاده نکنید زیرا

به سادگی تولید اشکال می‌کنند .

۳ـ در هنگام قطعه‌برداری ازبکاربردن حرارت زیاد جلوگیری کنید و زمانی که دستگاه روشن است اقدام به قطعه‌برداری باهویه نکنید .

۴ـ هرگز قبل از خاموش کردن دستگاه تعمیری ، دوشاخهٔ آنرا از پریز برق بیرون‌نیاورید . چرا که قطعات دراثر موج جریان زیاد ، بسادگی خراب می‌شوند .

۱ـ۵ـ طرز پیدا کردن عیب در دستگاهها و سیستمهای الکترونیکی .

در قسمتهای قبلی در مورد عیب و خطای یک قطعه و روش آزمایش آن بحث شد . در فصول بعدی عیوب قطعات در قسمتهایی از یک دستگاه مورد بررسی قرار می‌دهیـم . به عنوان مثال در مورد یک قطعه در بخش منبع تغذیه‌یا (اسیلاتور) نوسانساز یک دستگاه بحث می‌کنیم . بهرحال وقتی یک دستگاه برای تعمیر آورده می‌شود . مهندس سرویسکار قبل‌از اینکه بتوان قطعهٔ معیوب را پیدا کند باید تعیین کند که کدام قسمت از دستگاه معیوب می‌باشد .

روشهای مختلفی برای جداکردن عیب در یک قسمت از مدار موجود است ، اما قبل از اینکه در این مورد بحث کنیم بهتر است نکاتی را درنظر بگیریم که درعین حالیکه کاملا مفید می‌باشند اما اغلب درنظر گرفتـه نمی‌شوند .

۱ـ مهندس سرویسکار بایستی یک کتابچهٔ راهنمای نگهداری و تعمیرات همراه با نقشه‌های مدارات جدید دستگاه را داشته باشد . این کتابچه به او اطلاعاتی از طرز کار مدار را می‌دهد .

۲ـ مهندس بایستی تمام وسایل امتحان دستگاهها را داشته باشد . معمولا " لیست وسایل مورد نیاز و دستورالعمل‌های خاص آن در کتابچهٔ راهنما موجود می‌باشد .

۳ـ پس از آن مهندس بایستی دقیقاً" عیب را مشخص کند. این نکته، خیلی مهمی است. مشخص کردن عیبی که بطور نامفهوم تعریف شده بکار نمی‌آید، به علائم بایستی توجهی دقیق داشت بدین معنی که باید امتحانی روی چگونگی کارکرد دستگاه انجام شود. برای مثال یک سیگنال ژنراتور را در نظر بگیرید بفرض اینکه منبع تغذیه‌اش معیوب است برای تعمیر آورده‌اند. قبل از درآوردن روکش (قاب) دستگاه وامتحان منبع تغذیه مهندس سرویسکار بایستی:

الف ـ فیوزهای اصلی را امتحان کنـد ودرصورت سالم بودن آنها.

ب ـ امتحان موج سینوسی خروجی درتمام محدودها.

ج ـ سپس به علائم عیب توجه کنید.

در بیشتر دستگاههای الکترونیکی مدار دستگاه قابل تقسیم به قسمتهای مجزا از هم می‌باشد. برای مثال یک ژنراتور موج سینوسی با کاربرد عمومی از بخشهای، منبع تغذیه، نوسانساز موج سینوسی‌متغیر، تقویت‌کننده بافر و تضعیف‌کننده خروجی تشکیل شده است. با بررسی قسمتهای مختلف دستگاه بجای کل دستگاه، امکان جستجوی قطعهٔ معیوب را به یک قسمت از مدار منحصر می‌کند. سپس بوسیلهٔ اندازه‌گیری، قطعهٔ معیوب را در آن قسمت مشخص می‌کنیم. در مورداینکه کدام قسمت معیوب می‌باشد روشهای زیر بکار می‌روند.

الف ـ ورودی به خروجی.

ب ـ خروجی به ورودی.

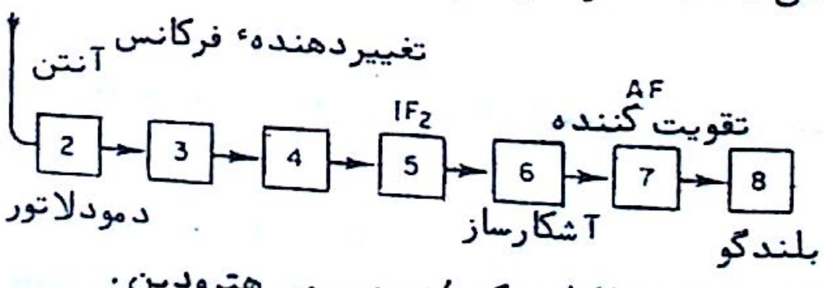
ج ـ اتفاقی.

د ـ دو نیمه کردن.

موارد بالا کاربرد و مزیت مخصوص بخود دارند. روش اتـفـاق که هیچ راه اساسی را دربرنمی‌گیرد بندرت پیش می‌آید. هنگامی که اطلاعات و

تجربیات زیادی درمورد تعمیر یک دستگاه بخصوصی موجود باشد می‌توان از روشی که روی کیفیت قطعات بنا نهاده شده استفاده نمود. برای مثال یک مهندس سرویسکار بدلایلی فرض می‌کند که چون یک خازن الکترولیتی مشخصی در مدار دستگاهی که جدیدن برای تعمیر آورده بودند حدود ۶۰٪ عیب داشته و باید تعویض شود. امکان زیادی دارد که دستگاه بعدی هم نیز خازن الکترولیتش معیوب باشد. طبیعتا" او اول آنرا امتحال می‌کند و درزمان تعمیر صرفه‌جویی می‌شود. باید تاکید کرد که بهرحال این روش بستگی زیادی به دردست بودن اطلاعات زیادی راجع به کیفیت قطعات مختلف روی دستگاه دارد. بیشتر مهندسین تعمیراتی روش منطقی سیستماتیک جستجوی دستگاه را برای یافتن عیب بکار می‌برند. روشهای ورودی به خروجی و خروجی به ورودی مثالهائی از این روش سیستماتیکی می‌باشند. این روش خیلی منطقی است که یک سیگنال ورودی مناسب به قسمت ورودی اعمال می‌گردد و سپس بترتیب خروجی هرقسمتی را اندازه‌می‌گیریم، اینکار را یا از ورودی بطرف خروجی و یا از خروجی بطرف ورودی انجام می‌دهیم تا بخش معیوب پیدا شود. این روش منطقی روشی است که اکثر مهندسین در دستگاههایی که شامل قسمتهای محدودی می‌باشند بکار می‌برند.

روش دو نیمه کردن مفیدترین روش برای مشخص کردن عیب در دستگاههایی که از تعدادزیادی قسمتهای پشت سرهم تشکیل شده‌اندمی‌باشد. برای مثال گیرندهٔ رادیوئی سوپر هترودین که بلوک دیاگرام آن در شکل (۱-۱۸) نشان داده شده را در نظر بگیرید.



شکل (۱-۱۸) ـ بلوک دیاگرام یک رادیوی سوپر هترودین.

چون دارای‌هشت بلوک‌است می‌توانیم مدار را به دو نیمه تقسیم کنیم ، هربخش را امتحان کرده و مشخص می‌کنیم که کدام قسمت بطور صحیح کار می‌کند سپس‌آن قسمتی را که کار نمی‌کند مجددا" به دو نیمه تقسیم می‌کنیم تا عیب را مشخص کنیم یک مثال بهترین راه برای درک واقعی این روش می‌باشد. فرض کنید که مدولاتور یک گیرنده، معیوب می‌باشد. ترتیب امتحان مدار بدین صورت است که :

الف ــ مدار را به دو نیمه تقسیم می‌کنیم و یک سیگنال به ورودی (۱) می‌دهیم وخروجی را در (۴) بخش‌IFها امتحان می‌کنیم. اگر خروجی صحیح باشد. بنابراین عیب درجائی بین بلوکهای (۵) تا (۸) می‌باشد.

ب ــ بلوکهای (۵) تا (۸) را به دو نیمه تقسیم کنید و خروجی (۶) را امتحان کنید. سیگنالهای ورودی می‌تواند درهمان بلوک (۱) باقی مانده‌و خروجی موجود نباشد.

ج ــ ورودی را در همان بلوک (۱) قرار داده و خروجی (۵) را امتحان می‌کنیم اگر خروجی صحیح باشد. نشان می‌دهد که بلوک (۶) که همان آشکارساز می‌باشد معیوب است.

برای مثال فرض اینکه، بلوک (۳) معیوب است می‌توانید این روش را برای خودتان امتحان کنید و شما درمی‌یابید که برای مشخص کردن عیب به چندین مرتبه امتحان‌کردن احتیاج دارید. بطور متوسط‌چهاربار امتحان برای انجام تکنیک‌ورودی به خروجی احتیاج داریم. روش دونیمه کردن وقتی است که تعداد قطعات و یا بلوکها خیلی زیاد می‌باشد و مفیدترین روش نیز می‌باشد.

به هرحال چندین نکته وجود دارد که بایستی در روش دونیمه کردن درنظر گرفته شوند.

الف ــ همهٔ قطعات دارای کیفیت یکسان می‌باشند.

ب ــ در هر نقطه دلخواه اندازه‌گیری امکان داشته باشد.

ج ـ همه آزمایشات یکسان‌و در یک مدت معینی انجام پذیرد .

اکثر این نکات همیشه میسر نمی‌باشند واین بعهده مهندس سرویسکار است که در مورد بهترین روش تصمیم بگیرد .همچنین دو نیمه کردن درموارد زیر پیچیده می‌شود .

الف ـ تعداد بخشهای زیادی پشت‌سرهم قرار گرفته باشند .

ب ـ انشعاب خروجی یک بخش تعدادی از بلوکهای دیگر را تغذیه کند .

ج ـ تقارب : تعداد ورودی‌های لازمه برای طرز کار صحیح یک بخش بیشتر از ۲ یا ۳ باشند .

د ـ فیدبک : که برای بهبود مشخصه یک یونیت و یا برای تقویت‌کردن یک شبکه و یا برای تولید یک نوسانساز استفاده می‌شود .

هنگام استفاده از هریک از روشهایی که توضیح داده شده برای هرچه سریعتر پیدا کردن عیب سعی کنید که روش مناسب و یا ترکیبی از این روشها را انتخاب کنید .

فصل دوم

تقویت کنندهٔ ترانزیستوری یک طبقه‌ای

۲ـ۱ـ اصول اساسی

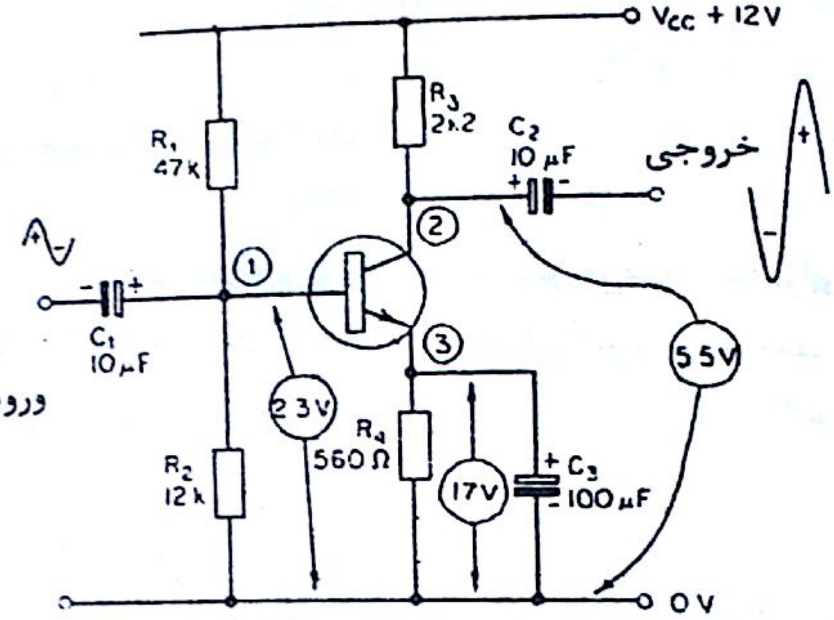
این بخش منحصراً" در رابطه با اثرات خرابی قطعه‌ای در تقویت‌کننده امیتر مشترک یک ترانزیستوری بحث می‌نماید.

مداری که در شکل (۲ـ۱) نشان داده شده است معمولا" شامل هشت قطعه است. بخاطر داشته باشید که مقاومتها و خازنها اتصال کوتاه یا قطع می‌شوند و بالاخره ترانزیستور، که با اتصال کوتاه کردن یا قطعی بین پایه‌های آن معیوب می‌شود. بنابراین معمولا" دوازده عیب ممکن است پیش‌آید که برای هرکدام از این عیبها شرایط منحصربفردی وجود دارد.

قبل از بحث درمورد شرایط هر عیبی، فهمیدن طرز کار مدار لازم است:

در تقویت کننده کلاس A جریان اصلی از داخل ترانزیستور عبور می‌کند و سیگنال ورودی می‌تواند باعث کاهش یا افزایش این جریان گردد. این تغییر جریان در کلکتور باعث ایجاد ولتاژی درمقاومت‌بار (R_3) می‌شود. نقطهٔ کار ولتاژ کلکتور (ولتاژ مستقیم بین کلکتور و شاسی) می‌باید دارای مقداری باشد که سیگنال خروجی بحد برابر در ناحیهٔ منفی و مثبت نوسان کند. یک تقریب زیاد ولتاژ کلکتور (V_C) می‌باید نصف‌ولتاژ منبع تغذیه باشد. منظور

کلی از قطعات بایاس کننده $(R_1 \ R_2 \ R_4)$ در شکل (۲-۱) بخاطر ثابت نگهداشتن نقطهٔ کار و پایداری مدار می‌باشد .



شکل (۲-۱) ــ تقویت‌کننده ترانزیستوری یک‌طبقه‌ای کلاس A با ولتاژهای نرمال .

پایداری نقطه کار خیلی مهم می‌باشد چون تعدادی از عوامل باعث می‌گردند که این عمل تغییر نماید . برای ترانزیستورهای نوع سیلیکان (Si) مهمترین عامل تغییر بهرهٔ جریان (h_{FE}) می‌باشد . که این تغییر برای ترانزیستورهای مشابه هم بین ۵۰ تا ۵۰۰ می‌باشد و بطور کلی در بعضی از مدارات پایداری نقطه کار با تعویض ترانزیستورها تغییر می‌نماید .

بایاس مدار فوق با تنظیم ولتاژ بیس (V_B) و ثابت نگهداشتن آن بدون توجه به تغییر جریان بیس پایداری خویش را بدست می‌آورد . که برای این منظور مقاومتهای R_1 و R_2 می‌باید طوری انتخاب گردند تا جریانی که از آنها می‌گذرد خیلی بیشتر از جریان بیس ترانزیستور باشد . این مقاومتها تشکیل یک تقسیم‌کننده ولتاژ را می‌دهند که اگر از جریان بیس صرفنظر شود ولتاژ مستقیم بیس از فرمول زیر بدست می‌آید .

$$V_B \simeq \frac{V_{CC}}{(R_1 + R_2)} R_2$$

و ولتاژ امیتر (V_E) برابر است با :

$$V_E = V_B - V_{BE}$$

ولتاژ V_{BE} بایاس مستقیم بین بیس وامیتر می‌باشد که برای ترانزیستور نوع سیلیکان حدود ۰/۷ ولت است . پس جریان امیتر برابر است با :

$$I_E = \frac{V_E}{R_4}$$

و اگر از جریان بیس صرفنظر شود $I_E \simeq I_C$ می‌شود بنابراین ولتاژ مستقیم کلکتور (V_C) برابر است با :

$$V_C = V_{CC} - I_C R_3$$

اکنون چون ولتاژ بیس (V_B) تثبیت شده است جریان مستقیمی که از ترانزیستور عبور می‌کند نیز ثابت خواهد بود . و این ولتاژ نقطه‌کار (V_C) را تعمین خواهد نمود .

مدار سری مطرح شده در عمل فیدبک منفی است . فرض کنید جریان کلکتور زیاد شود بنابراین باعث می‌شود که نقطه کار پائین بیاید . همچنین جریان امیتر افزایش یافته و ولتاژ امیتر را بالا ببرد . با وجود این چون ولتاژ بیس (V_B) از طریق تقسیم‌کننده ولتاژ تثبیت شده است لذا هرافزایشی در ولتاژ بیس(V_B) می‌باید ولتاژ بین بیس و امیتر (V_{BE}) ترانزیستور را کاهش دهد . و این به سهم خود باعث کاهش جریان در کلکتور شده و با افزایش اولیه مخالفت می‌کند تا اینکه نقطهٔ کار را پایدار نماید .

داشتن بایاس صحیح بوسیلهٔ مقاومتها مستلزم این است که ورودی

AC و سیگنال خروجی طوری کوپل شوند که هیچ مزاحمتی در بایس DC بوجود نیاورند، برای اینکار از خازنهای C_1 و C_2 استفاده می‌شود که این دو خازن بایستی از خازنهای الکترولیتی با ظرفیت بالا باشند.

مثلا" خازن ۱۰ میکروفارادی، مدار را قادر به تقویت فرکانسهای کم می‌نماید. وجود خازن C_3 (خازن صافی ولتاژ) باعث می‌شود که هیچ سیگنال AC در امیتر ظاهر نشود تا بهرهٔ مدار را کاهش دهد. چون ظرفیت خازن داخلی بین پایه‌های امیتر، بیس کاملا" کم است لذا ظرفیت C_3 می‌باید بالا باشد، حدود ۱۰۰ میکروفاراد.

در مدار شکل ۲ــ۱ محاسبهٔ مقدار ولتاژهای مستقیم بصورت زیر می‌باشد:

$$V_B = \frac{V_{CC}}{(R_1 + R_2)} . R_2$$

$$= \frac{12}{47\ k\Omega + 12\ k\Omega} 12\ k\Omega = 2.4\ V$$

$$V_E = V_B - V_{BE} = 2.4 - 0.7 = 1.7\ V$$

$$V_C = V_{CC} - I_C R_3$$

که: $I_C = I_E = V_E / R_4$

دراینجا فرض می‌کنیم که بهرهٔ جریان زیاد بوده واز جریان بیس نیز صرفنظر کرد (تقریبا" این حالت همیشه وجود دارد) بنابراین:

$$V_C = 12 - (3.05\ mA \times 2.2\ k\Omega) = 12 - 6.7 = 5.3\ V$$

با قراردادن مقادیر فوق در یک جدول فرم زیر بدست می‌آید:

نقاط آزمایش	3	2	1
ولتاژ بدست آمده	1.7	5.3	2.4

در حقیقت وقتی مدار مونتاژ شود ولتاژهای اصلی که با یک دستگاه اندازه‌گیری $20\ K\Omega/V$ بدست می‌آید اندکی اختلاف دارد که این اختلاف طبیعی است چرا که مقاومتهای بایاس مدار دارای تولرانس ده‌درصدی است. و مقدار ولتاژ بدست آمده بوسیلهٔ دستگاه اندازه‌گیری بصورت جدول زیر می‌باشد.

نقاط آزمایش	3	2	1
ولتاژ بدست آمده	1.7	5.5	2.3

مقادیر فوق یک نزدیکی معقول بین مقدار ولتاژ محاسبه شده و مقدار ولتاژ بدست آمده را نشان می‌دهد. لذا وقتی عیبی در یک مدار ایجاد شود همیشه سعی نمائید یک تست تقریبی از ولتاژهایی که در نظر دارید بنمائید. این عمل می‌تواند بعنوان یک راهنمای باارزش در تشخیص قسمتهایی که درست کار می‌کنند باشد.

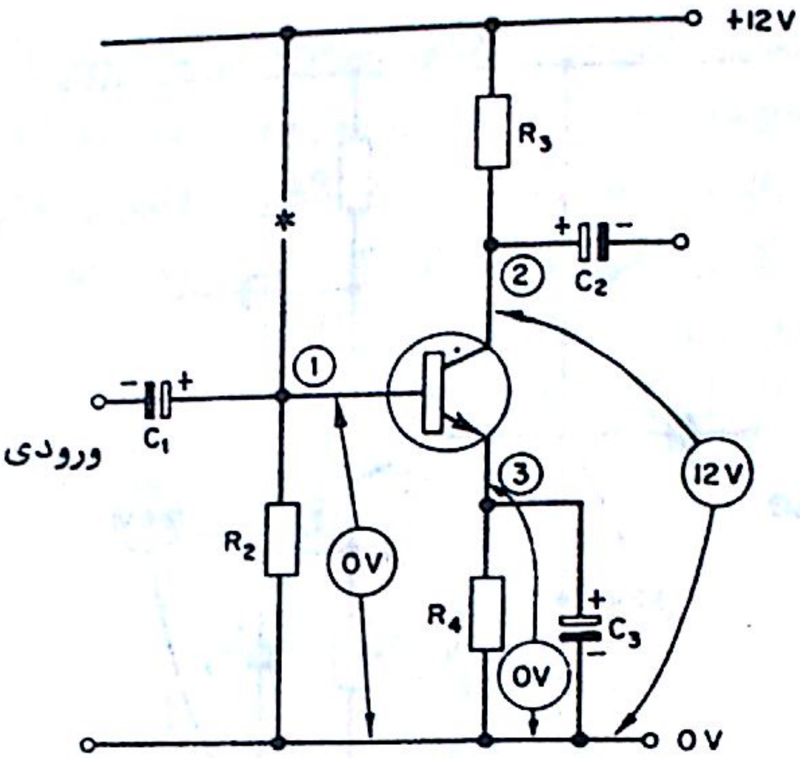
اکنون اثر خرابی هریک از قطعات رابه ترتیب ملاحظه می‌کنید.

۲-۲- عیوب مقاومتها

الف - قطع شدن مقاومت R_1 شکل (۲-۲)

نقاط آزمایش	3	2	1	
ولتاژ بدست آمده	0	+12	0	بدون سیگنال خروجی

وقتی که مقاومت R_1 در مدار قطع می‌شود جریان از R_2 عبور کرده و ولتاژ بیس (V_B) صفر است در نتیجه ترانزیستور قطع عمل می‌کند، بنابراین ولتاژ بیس و امیتر هردو صفر می‌شوند چون هیچ جریانی از کلکتور عبور نمی‌کند لذا افت ولتاژ در مقاومت R_3 نیز صفر شده و ولتاژ کلکتور برابر V_{CC} می‌شود.



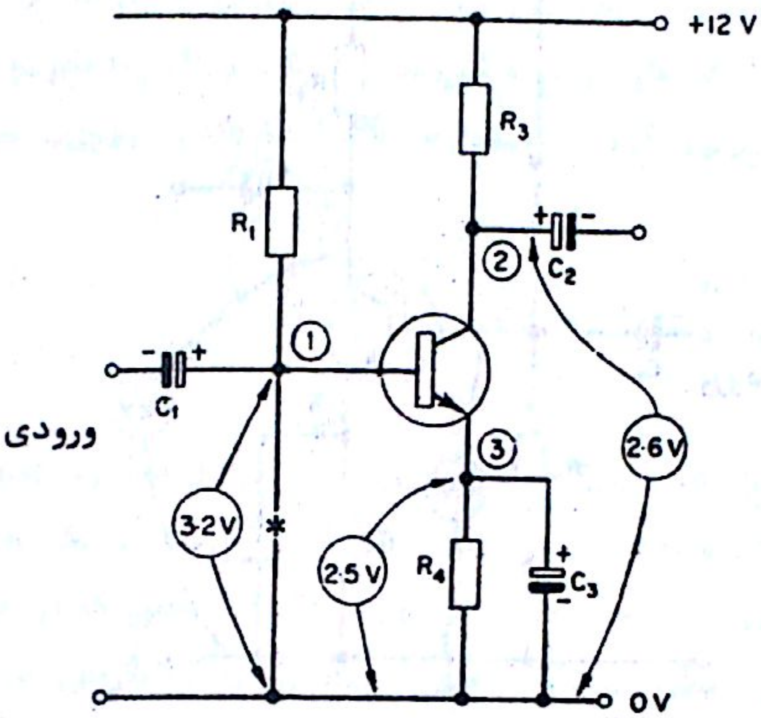
شکل (۲-۲) ـ قطع مقاومت R_1

ب ـ قطع شدن مقاومت R_2 شکل (۲-۳)

نقاط آزمایش	3	2	1	
ولتاژ بدست آمده	2.5	2.6	3.2	خروجی کلا" خراب است و نیم سیکل منفی سیگنال بریده است

با قطع R_2 در مدار جریانی که از آن می‌گذشت سعی می‌کند از بیس ترانزیستور عبور نماید. اما مقدار جریان بیس توسط بهرهٔ جریان ترانزیستور محدود خواهد بود بنابراین جریان کمی از R_1 عبور می‌کند. این بدین معناست که ولتاژ بیس می‌باید افزایش یابد. جریان بیس نیز در واقع زیاد می‌شود تا حدی که ترانزیستور را اشباح می‌نماید. بنابراین به علت اشباح

ترانزیستور ، ولتاژ کلکتور تنها یک دهم ولت از ولتاژ امیتر زیاد می‌گردد .



شکل (۲–۳) – قطع مقاومت R_2

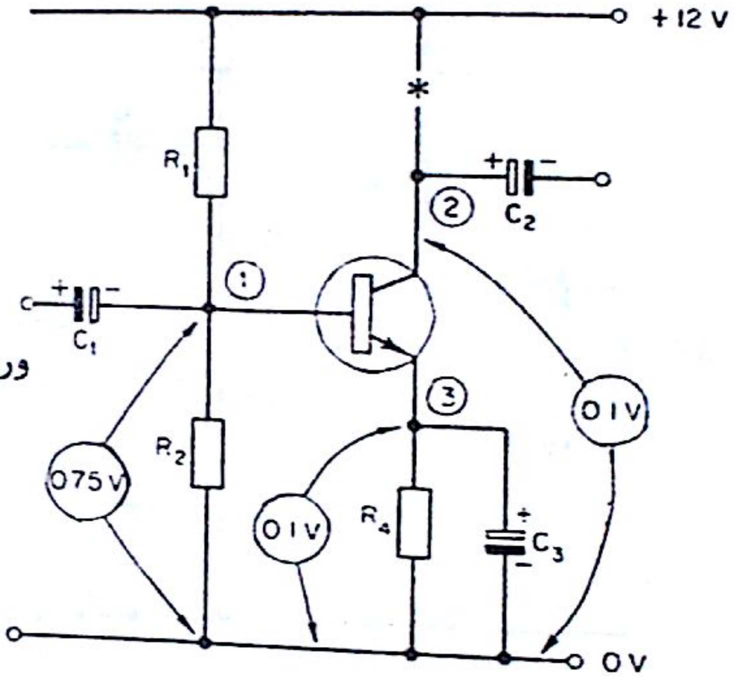
ج– قطع شدن مقاومت R_3 شکل (۲–۴)

نقاط آزمایش	3	2	1	
ولتاژ بدست آمده	0.1	0.1	0.75	بدون سیگنال خروجی

با قطع شدن R_3 درمدار جریان کلکتور صفر می‌شود . بنابراین هرجریانی که ازامیتر بگذرد می‌باید از طریق بیس فراهم گردد . پایهٔ بیس – امیتر شبیه یک دیود بایاس مستقیم عمل می‌کند و مقاومت R_4 را موازی R_2 قرار می‌دهد ، چون R_4 مقاومت کم‌اهمی است (اهم ۵۶۰) ولتاژ امیتر به یک مقدار خیلی کم کاهش می‌یابد . ولتاژ بیس حدوداً" همانطور که انتظار می‌رود

۶۵۰ میلی‌ولت بیشتر از ولتاژ امیتر است .

فرض می‌کنیم ولتاژی که در کلکتور خوانده می‌شود صفر باشد . طبیعی است ! چرا که مقاومت مدار قطع است ، با وجود این وقتی دستگاه اندازه‌گیری را بکار می‌بریم یک مسیر مقاومتی زیاد بین کلکتور و شاسی را نشان می‌دهد . پایه‌های بیس ـ کلکتور بعنوان یک دیود که بایاس مستقیم شده ، عمل می‌کند و جریان کمی را از دستگاه اندازه‌گیری عبور می‌دهد .



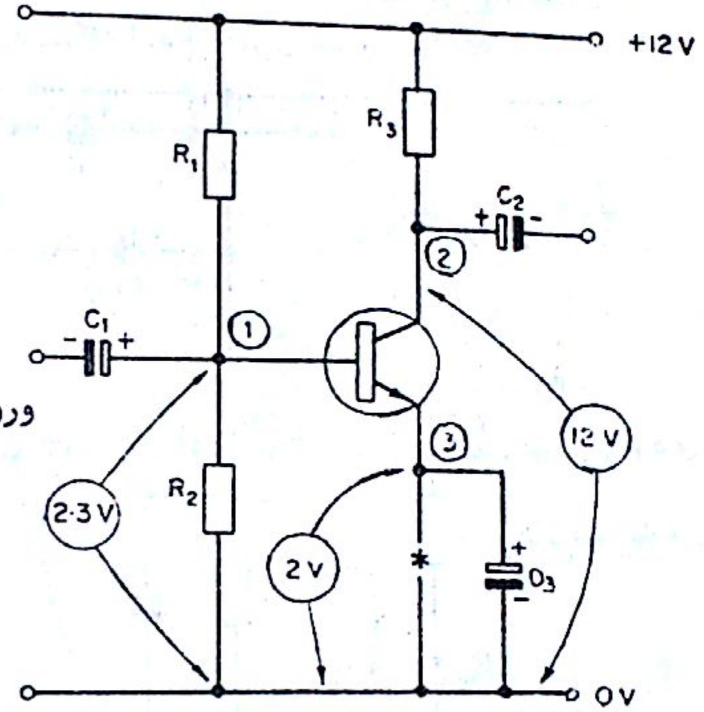
شکل (۲ـ۴) ـ قطع مقاومت R_3

دـ قطع شدن مقاومت R_4 شکل (۲ـ ۵)

نقاط آزمایش	3	2	1	بدون سیگنال خروجی
ولتاژ بدست آمده	2	12	2.3	

در این حالت که مقاومت R_4 قطع است هیچ جریانی از ترانزیستور عبور نمی‌کند بنابراین ولتاژ کلکتور به مقدار V_{CC} افزایش می‌یابد . ولتاژ بیس بوسیله تقسیم‌کننده‌ء ولتاژ از طریق R_1 و R_2 ثابت بوده و چون جریان بیس

در مقایسه با جریانی که از R_2 می‌گذرد کم است لذا این ولتاژ همیشه به سختی تغییر می‌کند. مانند مثال قبل وقتی دستگاه اندازه‌گیری را بین امیتر و شاسی‌قرار دهیم جریانی که از امیتر می‌گذرد کم است بنابراین ولتاژ بدست آمده از امیتر، کمی بیشتر از حد نرمال است.



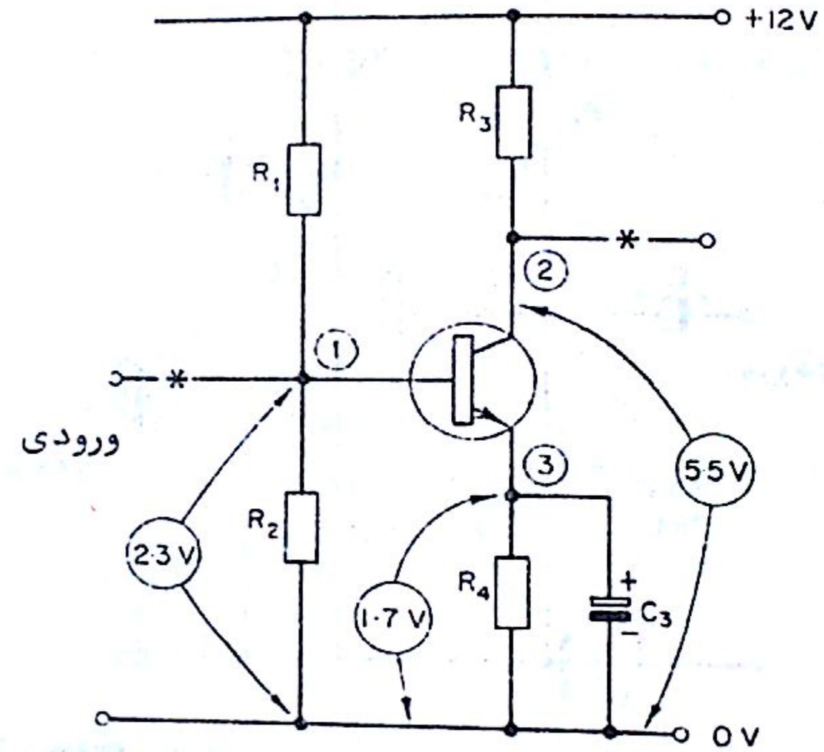
شکل (۲-۵) - قطع مقاومت R_4.

۲-۳- عیوب خازنها

الف- قطع شدن خازنهای C_1 یا C_2 شکل (۲-۶)

نقاط آزمایش	3	2	1	
ولتاژ بدست آمده	1.7	5.5	2.3	بدون سیگنال خروجی

در این نوع عیب شرایط بایاس مدار تغییر نکرده وعیب فقط قطع خازنهای کوپلاژ است. برای اینکه فهمیده شود که کدامیک از خازنها معیوب است تست کردن موج ورودی و خروجی هریک از خازنهای کوپلاژ بوسیلهٔ اسیلوسکوپ ضروری است. (چون این خازنها الکترولیت هستند می‌توان اتصال یا قطع بودن آنها را بوسیلهٔ اهمتر امتحان نمود).

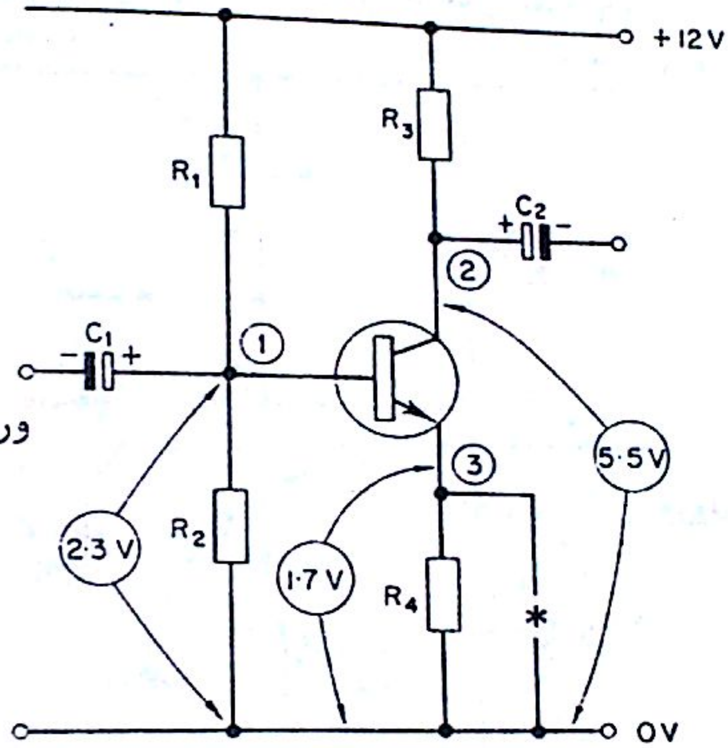


شکل (۲-۶) - قطع خازن C_1 یا C_2.

ب - قطع شدن خازن C_3 شکل (۲-۷)

نقاط آزمایش	3	2	1	
ولتاژ بدست آمده	1.7	5.5	2.3	بهره کم

در این حالت بایاس تغییر نمی‌کند و علامتی که این عیب را مشخص می‌کند کاهش یافتن بهرهٔ ولتاژ است. با قطع شدن خازن C_3 سیگنال AC در مقاومت R_4 ظاهر شده و تولید فیدبک منفی می‌نماید. بهرهٔ ولتاژ به نسبت R_3/R_L یعنی با تقریب چهار کاهش می‌یابد.



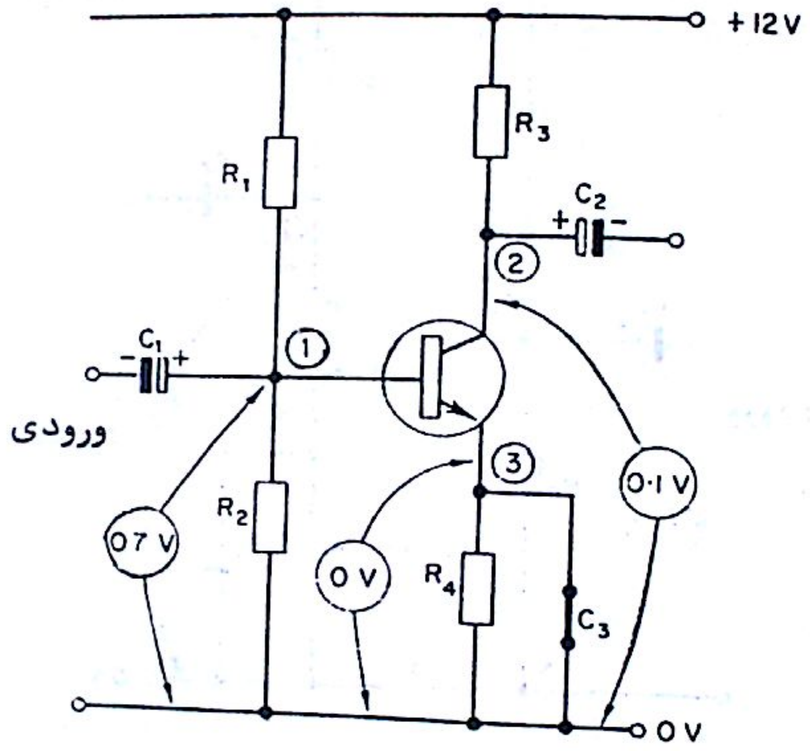
شکل (۲–۷) – قطع خازن C_3

ج – اتصال کوتاه (شورت) کردن خازن C_3 شکل (۲–۸)

نقاط آزمایش	3	2	1	
ولتاژ بدست آمده	0	0.15	0.7	بدون سیگنال خروجی

مقاومت امیتر (R_4) در این حالت اتصال کوتاه است. بنابراین ولتاژ امیتر صفر می‌شود. ترانزیستور در این حالت بعلت بایاس مستقیم زیاد اشباع

می‌شود و بنابراین ترانزیستور سعی می‌نماید جریان زیادی را از خود عبور دهد لیکن با وجود این مقدار جریان ترانزیستور به نسبت V_{CC}/R_3 محدود شده است که از خراب شدن ترانزیستور جلوگیری می‌شود . ولتاژ بیس در این حالت ۰/۷ ولت بیشتر از امیتر می‌باشد .



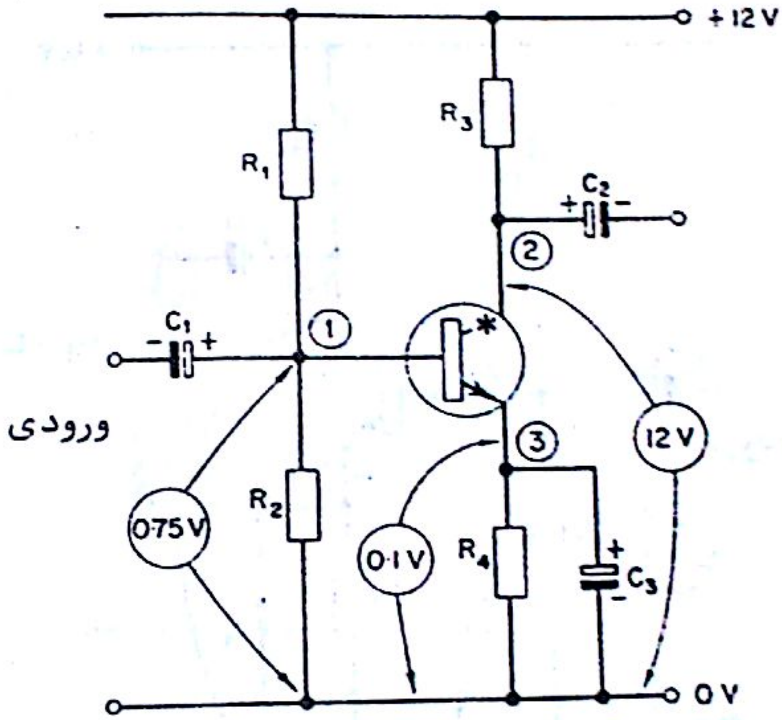
شکل (۲-۸)- اتصال خازن C_3

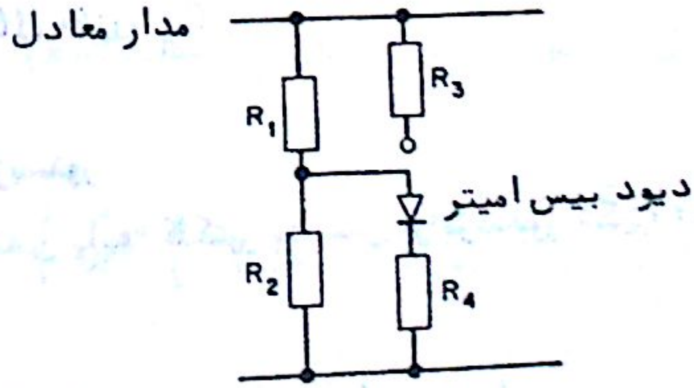
۲-۴- عیوب ترانزیستور

الف ـ قطع شدن پایهٔ کلکتور به بیس ترانزیستور شکل (۲-۹)

. نقاط آزمایش	3	2	1	بدون خروجی .
ولتاژ بدست آمده	0.1	12	0.75	

چون کلکتور قطع است جریانی از آن نمی‌تواند عبور کند ، بنابراین ولتاژ نقطهٔ ۲ به ۱۲ ولت افزایش می‌یابد و پایهٔ بیس ـ امیتر مانند دیودی که بایاس مستقیم شده عمل می‌کند و این کار شبیه حالتی است که مقاومت R_3 قطع بود .

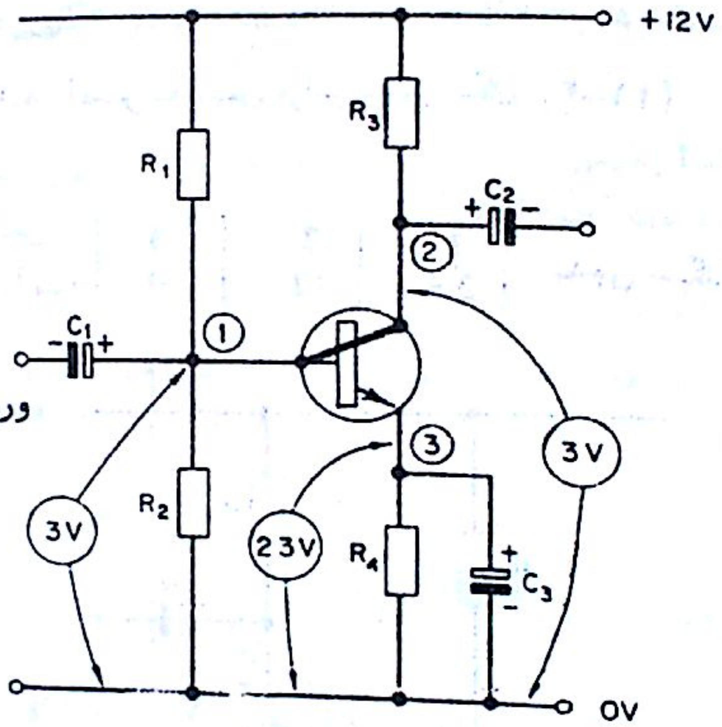




شکل(۲ــ۹)ــ قطع پایهٔ کلکتور به بیس .

ب ـ اتصال‌کوتاه (شورت) کردن پایهٔ کلکتور به بیس ترانزیستور شکل (۲ـ۱۰)

نقاط آزمایش	3	2	1	
ولتاژ بدست آمده	2.3	3	3	بدون خروجی



شکل (۲ـ۱۰) ـ اتصال پایهٔ کلکتور به بیس.

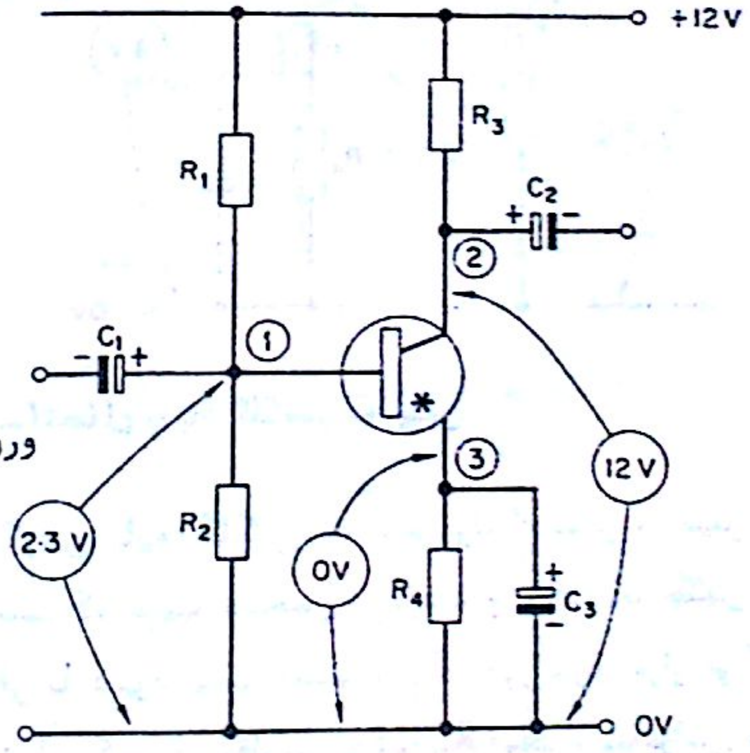
با اتصال کردن پایهٔ کلکتور به بیس ولتاژ بیس و امیتر برابر می‌شود و بدین صورت است که عیب مشخص می‌گردد و با ایجاد چنین عیبی ، مقاومت R_3 در این مدار با دیود بیس امیتر و R_4 بطور سری قرار می‌گیرد . و مقاومت کل این مسیر خیلی کمتر از مقاومت R_1 و R_2 است ، بنابراین می‌توان از مقدار مقاومتهای R_1 و R_2 صرفنظر نمود . جریانی که از R_4 عبور می‌کند بطریق زیر محاسبه می‌شود :

$$I = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_3 + R_4} = \frac{12 - 0.7}{2.76\ \text{k}\Omega} = 4\ \text{mA}$$

پس ولتاژامیتر برابر می‌شود با $I.R_4 = 2.3\ V$ و ولتاژ در نقاط ۱ و ۲ ۰/۷ ولت بیشتر از این مقدار است که این مقدار برای بایاس مستقیم دیود بیس امیتر کافی است.

ج ــ قطع شدن پایهٔ امیتر به بیس ترانزیستور شکل (۲ــ۱۱)

نقاط آزمایش	3	2	1	
ولتاژ بدست آمده	0	12	2.3	بدون سیگنال خروجی

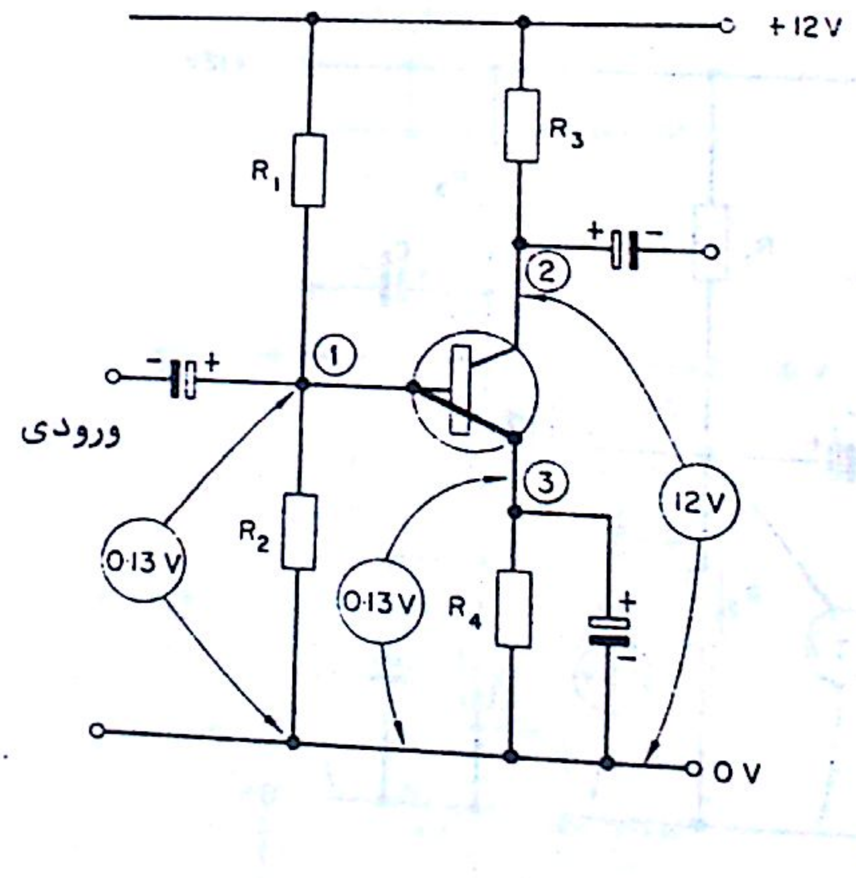


شکل (۲ــ۱۱) ــ قطع پایهٔ امیتر به بیس.

با ایجاد چنین عیبی، هیچ جریانی نمی‌تواند از ترانزیستور عبور کند و افت ولتاژ در R_3 و R_4 صفر می‌شود بنابراین ولتاژ کلکتور به V_{CC} افزایش می‌یابد و ولتاژ امیتر صفر می‌شود. ولتاژ بیس از طریق تقسیم ولتاژ بوسیلهٔ R_1 و R_2 تعیین می‌شود که مقدارش همان ۲/۳ ولت است. اگر اتصال پایهٔ بیس یا امیتر در مدار قطع شود هیچ تفاوتی در علائم تشخیص عیب وجود ندارد.

د ـ اتصال کوتاه (شورت) کردن پایهٔ امیتر به بیس شکل (۲ـ ۱۲)

نقاط آزمایش	3	2	1	بدون خروجی
ولتاژ بدست آمده	0.13	12	0.13	



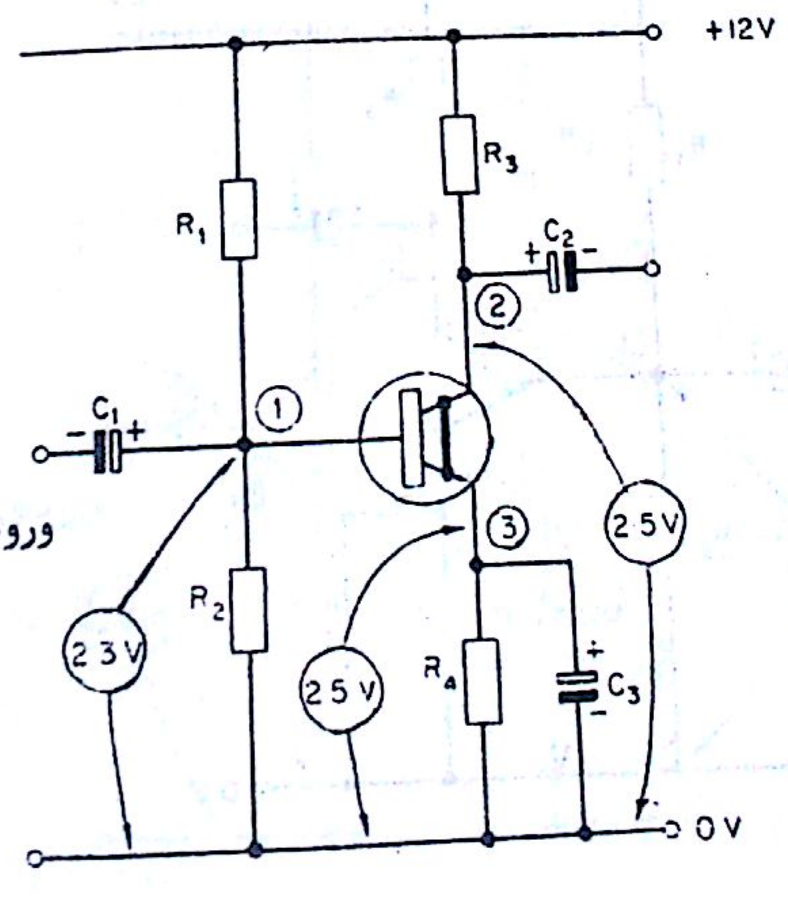
شکل (۲ـ۱۲) ـ اتصال پایهٔ امیتر به بیس.

ولتاژ در نقاط ۱ و ۳ مساوی خواهد شد . چون مقاومت کم R_4 مستقیما" با R_2 موازی قرار گرفته‌که ولتاژ این نقاط کم خواهد شد . با اتصال کردن پایهٔ بیس به امیتر کار ترانزیستور تماما" متوقف می‌شود ، بنابراین ولتاژ کلکتور به V_{CC} افزایش می‌یابد .

هـ ــ اتصال کوتاه (شورت) کردن پایهٔ کلکتور به امیتر ترانزیستور شکل (۲ــ۱۳)

نقاط آزمایش	3	2	1
ولتاژ بدست آمده	2.5	2.5	2.3

در این حالت ولتاژ کلکتور و امیتر برابر است ، که این اتصال کوتاه بین این دو پایه را می‌رساند . مقدار ولتاژ بیس بوسیلهٔ مقاومت R_3 و R_4 که یک

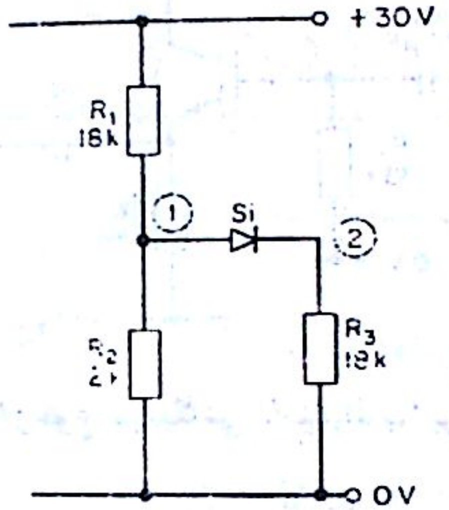


شکل (۲ــ۱۳) ــ اتصال پایهٔ کلکتور به امیتر .

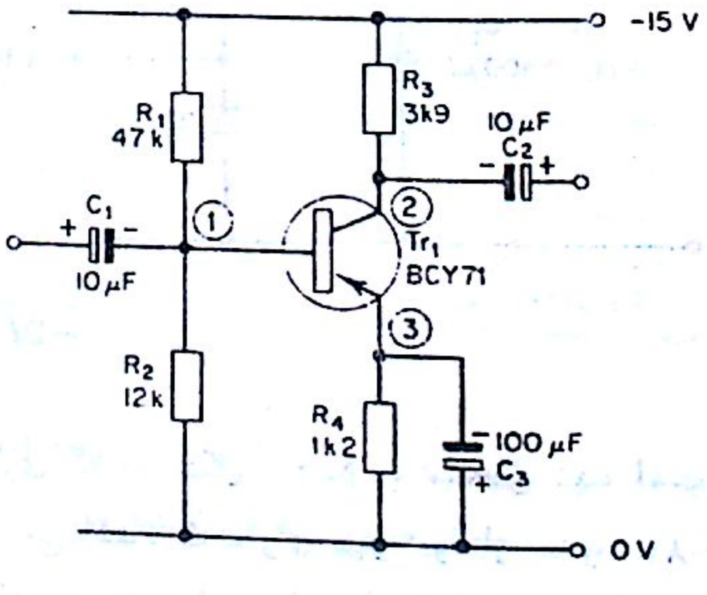
تقسیم‌کننده ولتاژ هستند تعیین می‌شوند .

ولتاژ بیس در حدود ۲/۳ ولت باقی‌مانده و تغییر نمی‌کند ، چون ولتاژ امیتر بالا رفته است ، بنابراین دیود بیس ـ امیتر را قطع می‌نماید .

سوالات

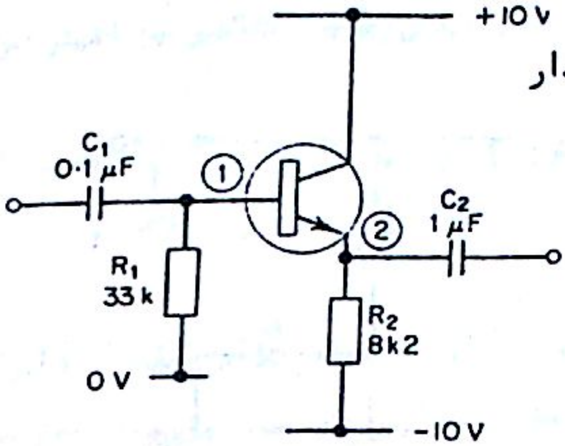


شکل (۲ـ۱۴) A ـ



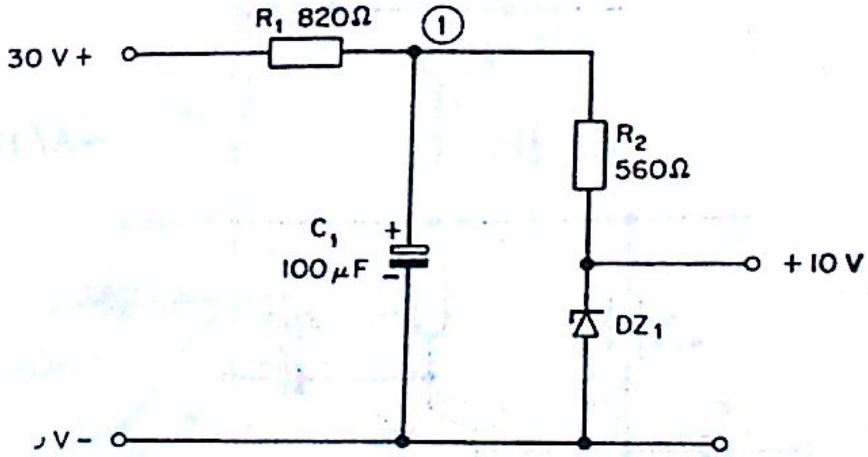
شکل (۲ـ۱۴) B ـ Tr از نوع سیلیکانی .

۱) ولتاژهای مشخص شده درتمام مدارهای شکل (۲-۱۴) را با دستگاه اندازه‌گیری 20 KΩ/V بین نقاط مشخص شده و شاسی، بدست آورید؟ در تمام این حالات دیودها و ترانزیستورها از نوع سیلکانی می‌باشد.



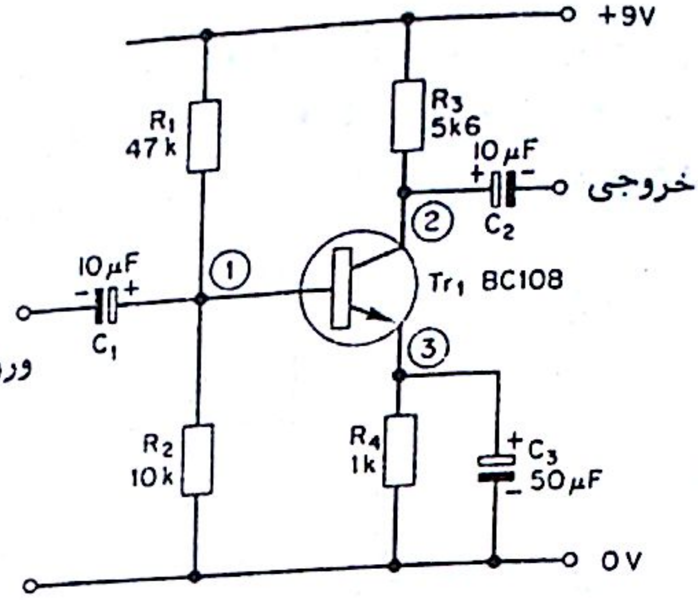
سیلیکانی است مقدار
برابر ۴۰ است

شکل (۲-۱۴) C- Tr از نوع سیلیکانی با h_{FE} برابر ۴۰.



شکل (۲-۱۴) D-

۲) مداری که در شکل (۲-۱۵) مشخص شده است یک‌تقویت کنندهٔ امیتر مشترک می‌باشد. که دارای بهرهٔ ولتاژ حدود ۸۰ می‌باشد، ولتاژهای بین نقاط مشخص شده و شاسی را حساب کنید.



شکل (۲–۱۵) – تقویت کننده امیتر مشترک .

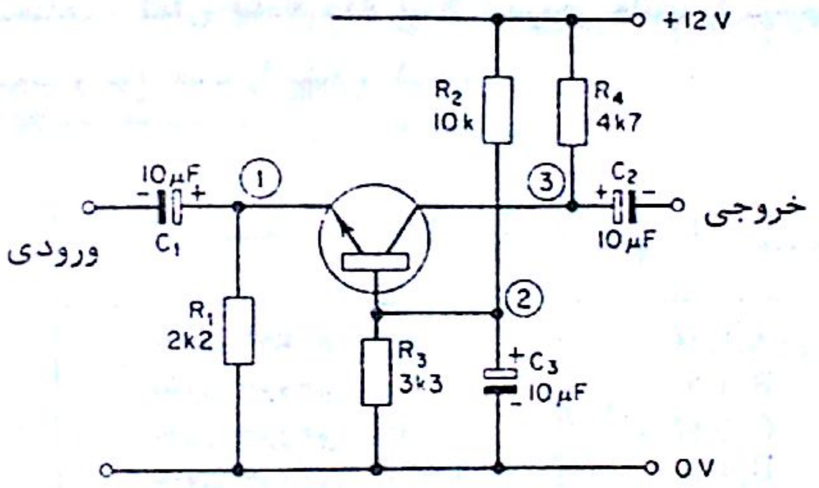
جدول زیر ولتارهای بدست آمده در نقاط مشخص شده برای عیب قطعات مختلف ، نشان داده شده است . در هر حالت با توجه به جدول ، قطعهٔ معیوب و نوع عیب را مشخص کنید .

عیب	1	2	3	نتیجه
A	0.16	9	0.16	بدون خروجی
B	1.5	9	1	بدون خروجی
C	0.85	9	0.15	بدون خروجی
D	1.5	1.45	1.45	بدون خروجی
E	1.5	4.5	0.8	بهرهٔ خیلی کم
F	0	9	0	بدون خروجی

۳) مداری که در شکل (۲–۱۶) نشان داده شده است تقویت‌کنندهٔ بیس مشترک می‌باشد . در این نوع تقویت‌کننده ورودی به امیتر داده و

خروجی از کلکتور گرفته می‌شود. بایاس‌مدار شبیه تقسیم‌کننده‌ٔ ولتاژ در تقویت‌کننده‌ٔ امیتر مشترک است، ولتاژی که بین نقاط مشخص شده وشاسی را با دستگاه اندازه‌گیری 20 KΩ/V حساب کرده سپس مشخص کنید کدام قطعه یا قطعات می‌تواند چنین عیبهایی را سبب شده باشد.

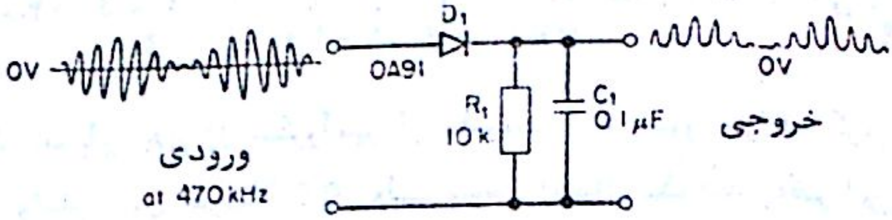
عیب	1	2	3
A	0	0	12
B	0	3	12
C	3·8	3	3·8
D	1·1	1·7	1·1
E	5·2	5·9	5·9
F	3·7	4·4	3·8



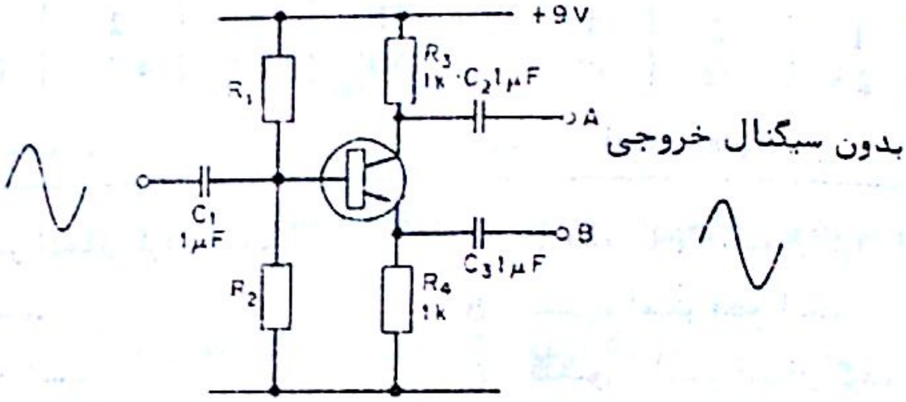
شکل (۲–۱۶) – تقویت کننده بیس مشترک.

۴) در مدار شکل (۲–۱۷) هیچ ولتاژ بایاس مستقیم داده نشده است در عوض فرم امواج ورودی و خروجی نشان داده شده است در هر حالت یک

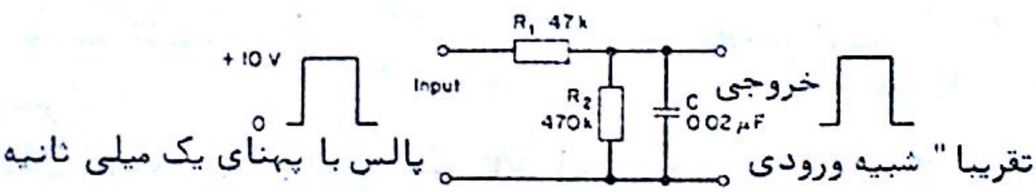
قطعه می‌تواند معیوب فرض شود ، نوع قطعه و عیب را بیان کنید .



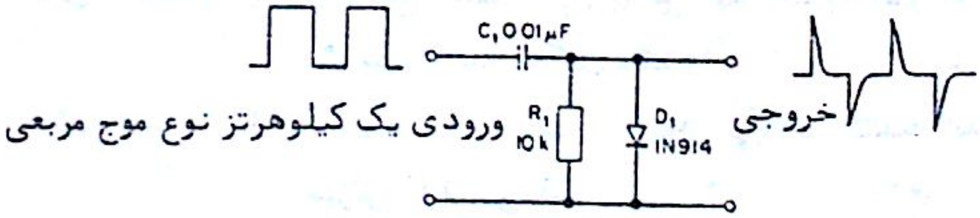
شکل (۲-۱۷) A-



شکل (۲-۱۷) B-



شکل (۲-۱۷) C-



شکل (۲-۱۷) D-

سئوال ۱ –

شکل (۲–۱۴) A –

	1	2
TP	1	2
MR	+3	+2.3

شکل (۲–۱۴) C

TP	1	2
MR	−0.3	−1.2

شکل (۲–۱۴) B –

TP	1	2	3
MR	−3	−7.8	−2.3

شکل (۲–۱۴) D –

TP	1
MR	+18

یک جریان 25 μA میکروآمپر از مقاومت R_1 عبور خواهد کرد و باعث می‌شود ولتاژ بیس تقریبا " 0.7- ولت شود. اتصال یک اندازه‌گیر این ولتاژ را پائین خواهد آورد.

سئوال ۲ –

TP	1	2	3
MR	1.5	4.5	0.8

عیب	المان معیوب
A	بیس، امیتر اتصال کرده است.
B	R_4 قطع است.
C	کلکتور قطع است.
D	کلکتور، امتیر اتصال کرده است.
E	C_3 قطع و تولید فیدبک منفی کرده است.
F	R_1 قطع است.

سئوال ۳ –

TP	1	2	3
MR	2.3	+3	+7

عیب	المان معیوب
A	R_2 قطع یا C_3 اتصال کرده است.
B	بیس، امیتر قطع است.
C	کلکتور، امیتر اتصال کرده است.
D	R_4 قطع است.
E	کلکتور، بیس اتصال کرده است.
F	R_3 قطع است.

سئوال ۴

شکل (۲–۱۷) A – C_1 قطع است. RF بایستی جدا شود.

شکل (۲–۱۷) B – C_2 قطع است.

شکل (۲–۱۷) C – C_1 قطع است. R_1C_1 می‌باید انتگرال‌گیر با ثابت زمانی یک میلی‌ثانیه تشکیل دهند.

شکل (۲–۱۷) D – دیود قطع است. دیود می‌باید قسمت مثبت پالس سوزنی را قیچی کند.

فصل سوم

منبع تغذیه

۳ـ۱ـ اصول اساسی منابع تغذیه مستقیم (DC)

عملا" تمام دستگاههای الکترونیکی برای کارکردن احتیاج به یک منبع تغذیهٔ مستقیم دارند. بعضی از این تغذیه‌ها باطریها هستند، ولی بیشتر مواقع ولتاژرا از بخشی بدست می‌آورند که این بخش برق تک‌فاز متناوب AC (۲۴۰ ولت، ۵۰ هرتز) را به مقادیر مختلف ولتاژ مستقیم DC تبدیل می‌کند. کار منبع تغذیه این است که مقدار ولتاژ و جریان مستقیم لازمه را از نوسان AC سطح پائین و با پایداری و تنظیم خوب تهیه کند. به عبارت دیگر خروجی منبع تغذیه باید ولتاژ مستقیم پایدار باشد، اگر چه ولتاژ ورودی و یا جریان خروجی تغییر کنند. بعلاوه لازمهٔ یک منبع تغذیهٔ مستقیم مدرن این است که بتوان جریان خروجی را درحالت بار اضافی و همچنین ماگزیمم و ولتاژ خروجی را محدود کند (محدود کنندهٔ جریان) اگر ولتاژ خروجی منبع تغذیه از حد مجاز تجاوز نماید قطعات حساس دستگاه مانند IC ها بسادگی خراب خواهند شد.

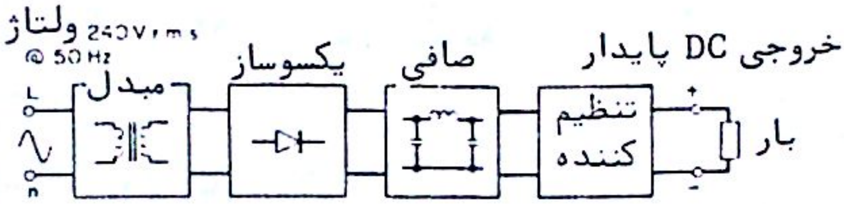
روشهای مختلفی برای بدست آوردن ولتاژ مستقیم پایدار از ولتاژ

متناوب (AC) وجود دارد . اما فقط دو روش بیشتر مورد استفاده می‌باشد که عبارتند از :

I ــ بااستفاده از یک پایدار کنندهٔ خطی .

II ــ با استفاده از یک پایدار کنندهٔ نوع سوئیچینگ مد (Mode) .

بطوری که خواهیم دید هردو روش دارای مزیتها و محدودیتهای مخصوص بخود می‌باشند . .منبع تغذیهٔ سوئیچینگ مد نسبتا" ابتکار جدیدی است که کاربرد اصلی آن درتوانهای زیاد می‌باشد (بیشتر از ۱۰۰ وات) .



شکل (۳ــ۱) ــ بلوک‌دیاگرام یک منبع تغذیه معمولی .

۳ــ۲ــ بخش پایدار کننده خطی توان .

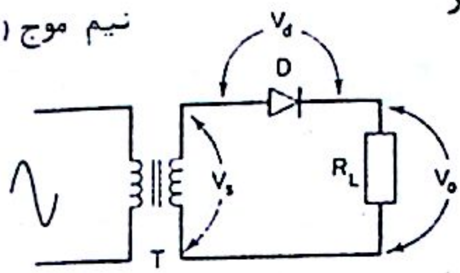
بلوک دیاگرام یک منبع تغذیه معمولی در شکل (۳ــ۱) نشان داده شده است . ترانس دو عمل اصلی انجام می‌دهد یکی‌اینکه منبع تغذیهٔ مستقیم را از متناوب جدا می‌کند دوم اینکه ولتاژ متناوب منبع اصلی را به مقادیر بالاتر یا پائینتر تبدیل می‌کند .

نسبت ولتاژ ثانویه به ولتاژ اولیه بوسیلهٔ تعداد دور هریک از سیم پیچها محاسبه می‌شود . بخش یکسو کننده ولتاژ AC را از سیم‌پیچ ثانویه ترانس (مبدل) گرفته و به پالسهای نیم‌موج جریان تبدیل می‌کند . در حالت تک فاز از سه نوع مدار یکسوکننده نیم‌موج ، تمام موج و پل استفاده می‌شود . در شکل (۳ــ۲) فرم موج خروجی سه نوع یکسوکننده نشان داده شده است .

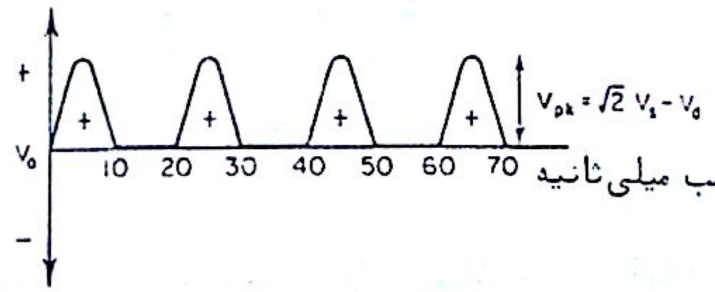
شکل ۳ــ۲

توجه کنید که Vd تقریبا " برابر است با ۰/۷ ولت برای یک یکسوکننده سیلیکانی

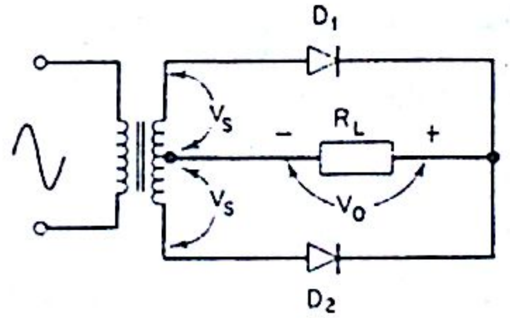
نیم موج (i)



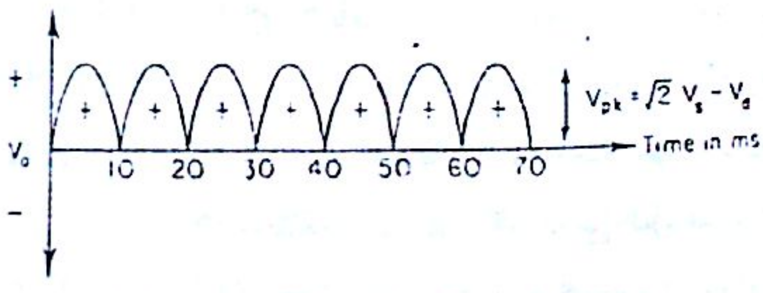
شکل موج خروجی بادرنظرگرفتن ورودی AC ، ۵۰ هرتز



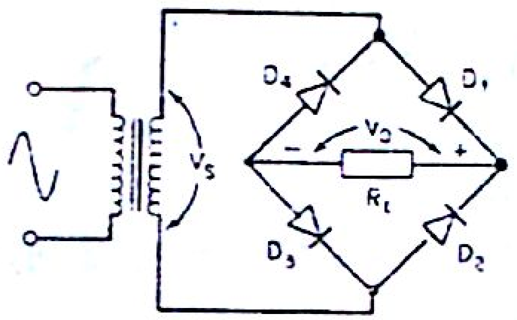
یکسوکننده تمام موج (ii)



شکل موج خروجی با درنظر گرفتن ورودی AC ، ۵۰ هرتز



یکسوکننده پلی (iii)



شکل (۳-۲) ــ مدار یکسوکننده‌های تک فاز.

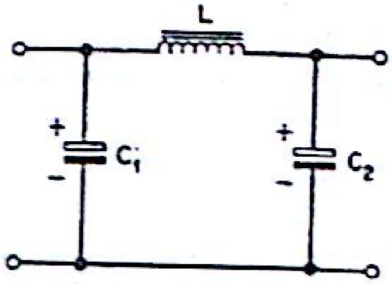
یکسوکننده نیم‌موج اگر چه مدارش ساده می‌باشد. اما اشکال عمده‌اش کارآئی کم آن است این دیود فقط در یک نیم سیکل هدایت می‌کند. بنابراین نمی‌تواند کارآیی بیشتر از ۵۰٪ داشته باشد. در یکسوکنندهٔ تمام موج از دو دیود استفاده شده که برای کارآیی بیشتر، دیودها بطور متناوب در یک نیم سیکل هدایت می‌کنند. لیکن برای این منظور یک ترانس با پایهٔ وسط در سیم پیچ ثانویه لازم می‌باشد. بدین صورت که تعداد دور مورد نیاز در سیم پیچ ثانویه دوبرابر است و در گذشته که از یکسوکننده‌های لامپی استفاده می‌شد چنین روشی معمول بود و پیچیدن دور اضافی روی ترانس مبدل مقرون بصرفه بود تا استفاده از لامپهای اضافی.

یکسوکننده پلی ایده‌آل می‌باشد. که درآن از چهار دیود برای یکسوکردن تمام سیکل استفاده می‌شود و به پایهٔ وسط ترانس احتیاجی نیست. امروزه می‌توان چهار دیود را در یک محفظه بسازند. که خیلی ساده‌تر و قدری هم ارزانتر از وصل کردن چهار دیود جدا از هم می‌باشد هرچند اگر یکی از چهار دیود داخل محفظه خراب شود مجموعهٔ چهاردیود بایستی عوض شود.

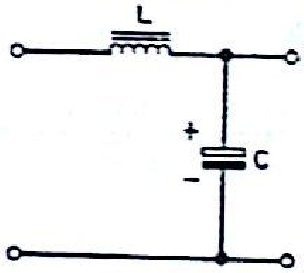
بعد از یکسوکننده، فیلتر (صافی) می‌باشد که بالسهای رسیده از یکسو

کننده را صاف می‌کند مدار آن می‌تواند (شکل ۳ـ۳) ورودیش خازنی و یا چوک القایی باشد.

ورودی خازنی (۵)



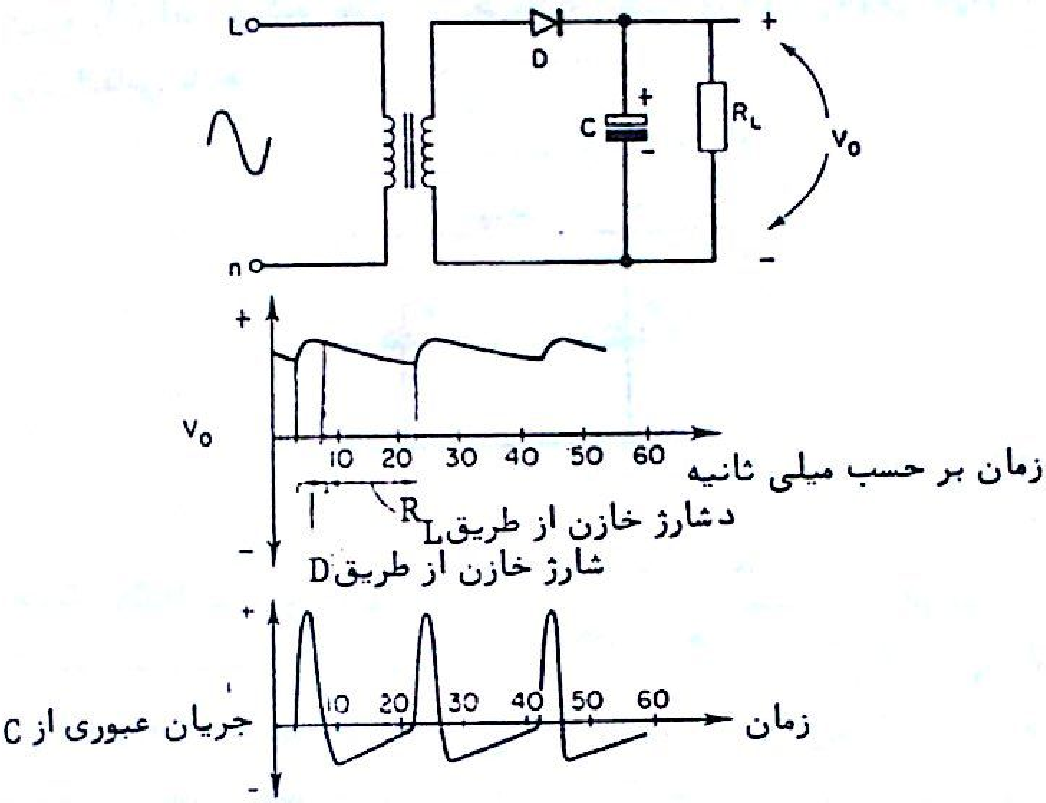
ورودی با چوک (۵)



شکل (۳ـ۳) ـ مدار دو نوع فیلتر.

وقتی که مدار بخش تغذیه مجبور به تولید جریان بار زیاد باشد، از صافی القائی یا صافی با ورودی چوک استفاده می‌شود. در دستگاههای قدرت پائین یک صافی با ورودی خازنی متداولتر است. خازنی که ذخیره نامیده می‌شود. بطوری که در شکل ۳ ـ ۴ نشان داده شده یک خازن ذخیره به خروجی یکسوکننده، تمام موج وصل شده است.

وقتی که دیود در نیم‌سیکل مثبت هدایت می‌کند، خازن شارژ شده و یک جریان پالسی‌شکل زیادی کشیده می‌شود. ولتاژ دو سر خازن تا نزدیکی مقدار ماکزیمم ولتاژ AC ثانویه افزایش می‌یابد. وقتی که ولتاژ ثانویه شروع به کم شدن کند، بایاس دیود معکوس شده و خازن از طریق مقاومت بار (R_L)



شکل (۳-۴) ــ خازن ذخیرهٔ ولتاژ در خروجی یک یکسوکنندهٔ نیم‌موج همراه با شکل موج خروجی با درنظرگرفتن ورودی AC ، ۵۰ هرتز .

دشارژ می‌شود . در این لحظه دو سربار بیشترین سطح ولتاژ DC مستقیم را نشان می‌دهد . اما یک شکل موج متناوبی که ریپل (Ripple) نامیده می‌شود روی آن سوار می‌باشد ، مقدار دامنه ریپل به ظرفیت خازن و مقدار مقاومت بار بستگی دارد . برای داشتن ریپل کم بایستی از یک خازن الکترولیت با مقدار کم در حدود 500 MF میکروفاراد استفاده کرد . درمورد خازن ذخیرهٔ ولتاژ به این نکات بایستی توجه کرد .

الف ــ بعلت الکترولیت بودن این خازن بایستی از نظر پلاریته در مدارات بطور صحیح وصل شود .

ب ـ ولتاژ کار DC آن بایستی از ماگزیمم ولتاژ ثانویه ترانس بیشتر باشد.

ج ـ اندازهٔ فیزیکی آن بایستی بزرگ باشد. زیرا پالسهای بیشتری‌از جریان را در خود جذب می‌کند، که ماگزیمم آن ممکن است تا چندین آمپر باشد. اگر خازن خیلی کوچک وصل شود ممکن است که زیاد گرم شده و احتمالا" بترکد. (حد مجاز جریان ریپل را چک کنید).

به کمک قطعات دیگر مدار یک فیلتر پائین‌گذر ساخته می‌شود که ریپل ولتاژ خروجی را بیشتر کاهش می‌دهد. کویل با هستهٔ آهنی از ۱ تا ۵ هانری و C_2 برابر است با 500 MF میکروفاراد. در بعضی از مدارات ممکن است که این قطعات حذف شوند. بخصوص در موردی که‌از یک تنظیم کننده موثر استفاده شود. اغلب سیم‌پیچ (Indoctor) نیز بوسیلهٔ یک مقاومت از نوع سیم‌پیچی شده با مقدار کم حدود ۲۲ اهم جایگزین می‌شود. در این حالت یک افت ولتاژی در دو سر این قطعه داریم. درنتیجه ولتاژ خروجی کمتری خواهیم داشت.

آخرین بخش رگولاتور تنظیم کننده می‌باشد، که بدون‌توجه به تغییرات ولتاژ ورودی اصلی وتغییرات جریان بار، ولتاژ خروجی را ثابت نگه می‌دارد. این دوعمل بترتیب تثبیت خط(ولتاژ خط) و تنظیم بار نامیده می‌شوند.

همهٔ تنظیم‌کننده‌های خطی همانطوری‌که در شکل (۳ــ۵) نشان داده شده شامل اجزاء زیر می‌باشد.

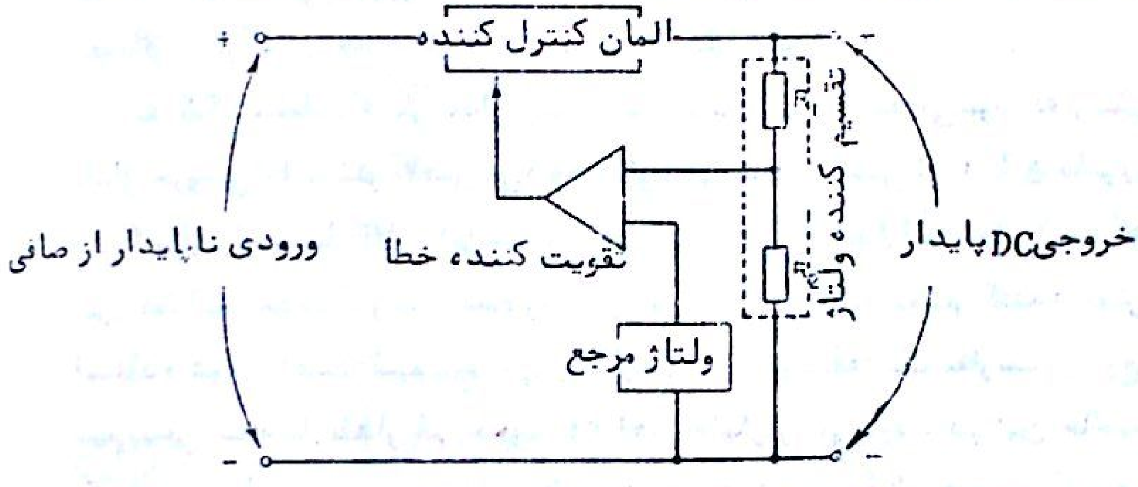
الف ــ یک بخش کنترل.

ب ــ یک بخش تهیهٔ ولتاژ مبناء (مرجع).

ج ــ یک بخش تقویت کنندهٔ خطا.

این مدار در عمل مقداری از ولتاژ ثابت خروجی را با ولتاژ مبناء مقایسه می‌کند. هراختلافی بین این دو سطح بوسیلهٔ تقویت‌کننده خطا، تقویت شده و به بخش کنترل داده می‌شود.. پایداری و تنظیم ولتاژ خروجی به

پایداری المان مرجع (ولتاژ مبنا) و بهرهٔ تقویت کننده خطا بستگی دارد . امروزه تقویت‌کننده‌های Op (Op-Amps) با بهرهٔ بالا بشکل IC که استفادهٔ زیادی بعنوان تقویت کنندهٔ خطا دارند . یک منبع تغذیه با بهرهٔ عالی را بوجود آورده‌اند .



شکل (۳-۵) ـ بلوک دیاگرام کامل یک تنظیم‌کنندهٔ خطی .

مزیت اصلی یک تنظیم‌کنندهٔ خطی این است که خروجی بطور پیوسته کنترل می‌شود . تا تثبیت خوب به ازای تغییرات ورودی اصلی و تنظیم خوب به ازای تغییرات جریان بار را حاصل شود .

مشخصات نمونه برای یک ولتاژ خروجی ۱۵+ ولت با جریان بار ۱۰۰ میلی‌آمپر بدین قرار است .

پایداری خط : $\frac{۱}{۱۰۰۰۰}$ (یک تغییر ۱۰ ولتی در منبع اصلی باعث تغییر یک میلی ولت در ولتاژ DC مستقیم خروجی می‌گردد .

ریپل خروجی : ۰/۱ میلی‌ولت پیک توپیک درجریان بارنهائی .

امپدانس DC خروجی : ۰/۰۵ اهم .

ضریت حرارتی : ۲۰۰ میلی ولت به ازای هردرجهٔ سانتیگراد .

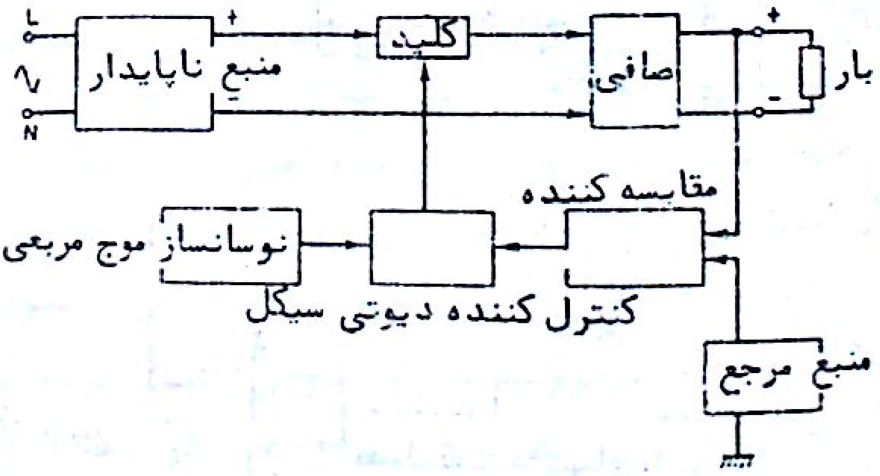
تنظیم بار: ۱/۰۳۳٪ از صفر تا بار نهایی (یعنی یک تغییر درخروجی در حدود ۵ میلی ولت) .

محدودیت مدار تنظیم‌کنندهٔخطی این است که‌عملکرد خوب آن درکم شدن کارآیی مدار بدست می‌آید . توان درترانزیستور کنترل سری بیهوده تلف می‌شود و این تلفات توان با جریان بار افزایش می‌یابد .

برای اطمینان‌از اینکه درجه حرارت پیوند درترانزیستورهای سری از حد مجاز تجاوز نکند . یک رادیاتور بزرگ مورد احتیاج است . درمورد بخش تغذیه‌ای که بالای ۱۰۰ وات را تولید می‌کنند ، عرضهٔ یک تنظیم‌کننده به روش سوئیچی مناسب می‌باشد .

۳ــ۳ــ منابع تغذیه به روش سوئیچینگ

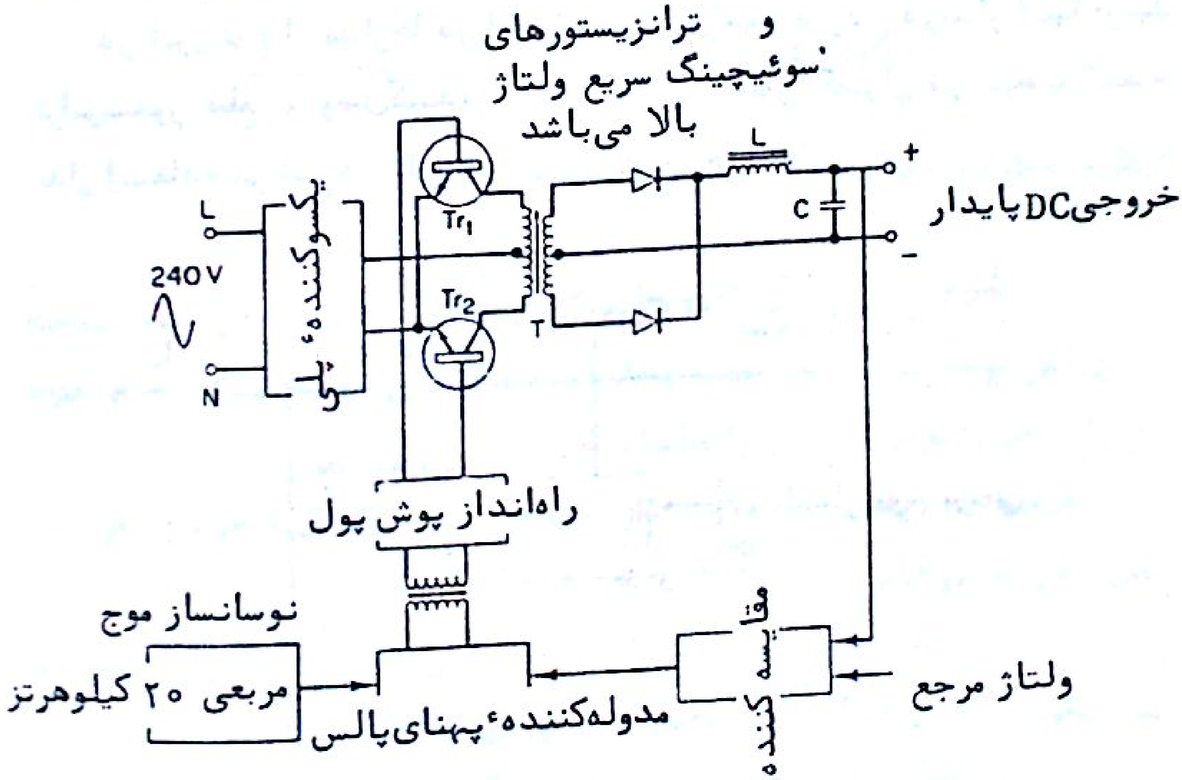
در این نوع از مدارها دو اختلاف اصلی وجود دارد . درمدار آنها از یک ترانزیستور قطع و وصل‌کنندهٔ سریع بمنظور المان کنترل در تنظیم‌کنندهٔ مدار استفاده می‌شود (شکل ۳ ــ ۶) .



شکل(۳ــ۶) ــ بخش تغذیه با استفاده از سوئیچینگ ثانویه .

این ترانزیستور در فرکانسی بالاتر از فرکانسهای صوتی (معمولا" ۲۰ کیلو هرتز) قطع و وصل می‌شود. ولتاژ خروجی DC بعد از اینکه بوسیلهٔ یک فیلتر پائین‌گذر صاف شد، بوسیلهٔ شارژ و دشارژ یک سیگنال سوئیچینگ، کنترل می‌شود. این چنین تکنیکهایی بعنوان سوئیچینگ ثانویه شناخته می‌شوند.

از سیگنال خطا که بوسیلهٔ مقایسهٔ خروجیDC با ولتاژ مبناء تولید شده برای کنترل Duty Cycle یک اسیلاتور Freerunning استفاده می‌شود. مزیت این نوع مدار این است که تلفات حرارتی ترانزیستور سری بشدت کاهش می‌یابد، بنابراین کارآیی مدار تنظیم کننده افزایش می‌یابد. فرم دیگری از SMPU در شکل (۳-۷) نشان داده شده است که در آن از قاعده‌ای بنام سوئیچینگ اولیه استفاده کرده‌اند. خود منبع اصلی بعد از یکسو و صاف شدن، در فرکانس بالا بوسیلهٔ ترانزیستورهای ولتاژ بالا وصل می‌شود.



شکل (۳-۷) - مدار تنظیم کنندهٔ نوع سوئیچینگ با استفاده از سوئیچینگ اولیه.

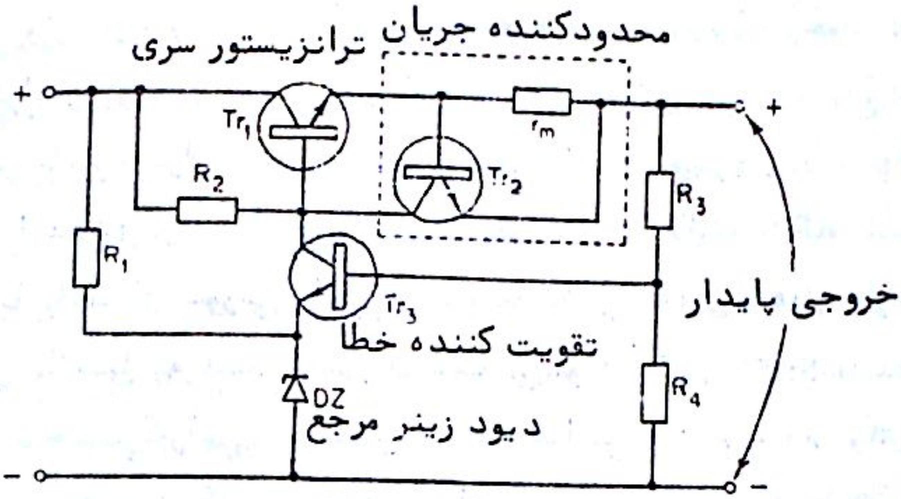
با این روش، ترانس که بعد از ترانزیستورهای سوئیچینگ وجود دارد می‌تواند از ترانس پرحجم ۵۰ هرتزی که درمنابع معمولی مورد احتیاج است خیلی کوچکتر باشد. برای تنظیم بایستی مجددا" از تغییر Duty cycle ترانزیستورها استفاده کرد. طبیعی است که یک مدار بازدارندهٔ RF بایستی اضافه بشود تا پالسهای سوزنی ناشی از سوئیچینگ را کاهش دهد. در غیر اینصورت این پالسها به منبع اصلی فیدبک می‌شوند. این SMPU مزیتهای قابل توجهی برحسب کارآیی، کم‌بودن تلفات حرارتی، و کم حجم بودن را عرضه می‌کند. (هرچند که این مدار دارای آن تنظیمی که بوسیلهٔ مدار خطی بدست می‌آید نمی‌باشد).

امروزه منابع تغذیه با روش سوئیچینگ، در جاهایی که جریان زیاد و ولتاژ کم مورد نیاز باشد کاربرد زیادی دارند، از جمله مداراتی که درآنها آی‌سی‌های دیجیتالی زیادی استفاده شده است.

۳-۴- مدارات محافظ منبع تغذیه.

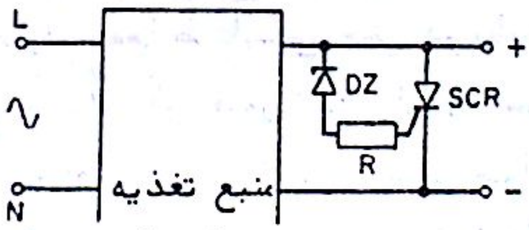
بعضی از انواع مدارات محافظ بایستی حتی در ساده‌ترین منبع تغذیه‌ها نیز ساخته شود. فرم معمولی آن فیوز استانداردی است که در زمان وقوع بار اضافی و یا اتصال کوتاه بخشی را از منبع اصلی جدا می‌سازد. یک بخش تغذیه ممکن است فیوزهایی در ورودی فاز و نول رابطه‌های اصلی و همچنین فیوزی روی مثبت ولتاژ DC ناپایدار داشته باشد. فیوزها معمولا" سریع نمی‌سوزند. از این رو می‌توان هنگامیکه خروجی اتصال کوتاه کرد برا محافظت از ترانزیستور سری تنظیم‌کننده مدارات، محدود کننده جریان بکار ببریم. یک مدار ساده برای این منظور در شکل (۳-۸) نشان داده‌شده‌است

همانطوری که دیده می‌شود جریان بار از یک مقاومت مینیاتوری با جر کم عبور می‌کند. اگر این جریان از مقدار تعیین شده بیشتر شود ولتاژ روی این مقاومت بوجود می‌آید ترانزیستور Tr_2 را بکار می‌اندازد که آن



شکل (۳ـ۸) ــ تنظیم کنندهٔ خطی با مدار سادهٔ محدودکنندهٔ جریان.

به‌نوبهٔ خود باعث از کار افتادن ترانزیستور سری Tr_1 می‌گردد. محافظت در برابر ولتاژ اضافی می‌تواند با مداری که ولتاژ خروجی DC را درک کرده و با ولتاژ مبناء مقایسه کند بدست‌آید. مطابق شکل (۳ـ۹).



شکل (۳ـ۹) ــ مدار محافظ ولتاژ زیاد.

اگر ولتاژ خروجی DC از مقدار V_Z تجاوز نماید سیگنالی بوجود می‌آید که تریستور را راه می‌اندازد. و این نیز خروجی را اتصال کوتاه می‌نماید که در این صورت یا فیوز خط مثبت DC می‌سوزد و یا اینکه محدود کننده جریان عمل می‌کند. چنین مدارهایی Crowbars نامیده می‌شوند. طبیعی است که بایستی قبل از راه‌اندازی مدار عیب‌را برطرف ساخت.

۳ـ۵ـ امتحان مدارهای منبع تغذیه

پارامترهای اصلی که در اداره‌ٔ استاندارد و یا بوسیله‌ٔ تکنسین سرویسکار بعد از ساختن بخش تغذیه بایستی اندازه‌گیری شوند بشرح زیر می‌باشند:

الف ـ ولتاژ خروجی DC

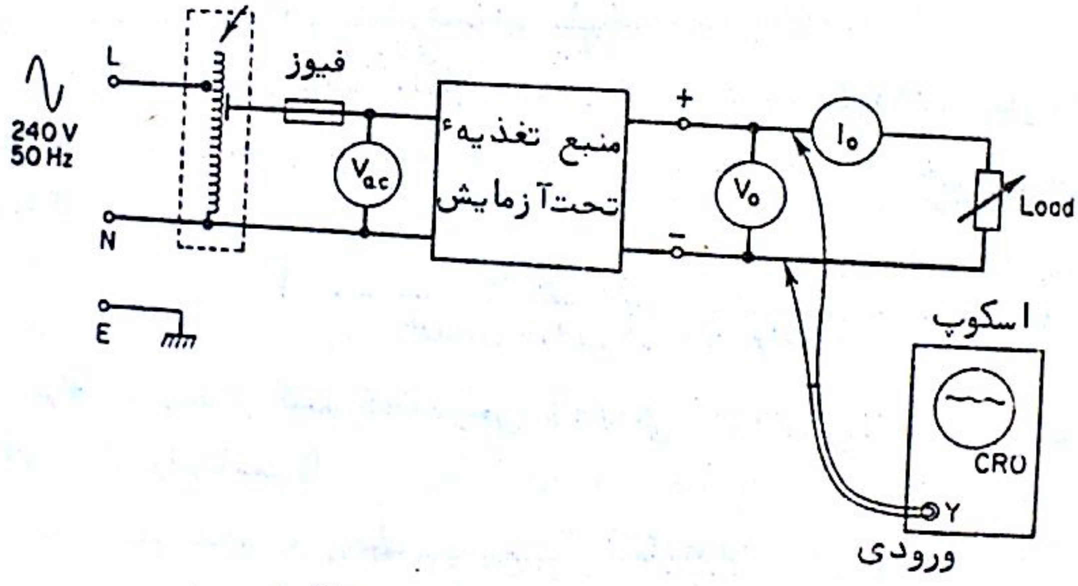
ب ـ جریان خروجی DC قابل استفاده.

ج ـ ریپل ولتاژ خروجی در بار کامل (Full Load)

د ـ پایداری در برابر تغییرات منبع اصلی.

هـ ـ مقدار تنظیم از صفر تا بار کامل.

همه‌ٔ اینها با استفاده از دستگاه تست استانداردی که مطابق (۳ـ۱۰) ساخته شود. قابل اندازه‌گیری می‌باشند.



شکل (۳ـ۱۰) ـ دستگاه آزمایش کاربرد یک منبع تغذیه.

ولتاژ خروجی DC بایستی زمانی که بخش تغذیه بطور کامل بار می‌کشد اندازه‌گیری شود. و در صورت لزوم تنظیم گردد. هرچند بعضی اوقات مصلحت در آن است که خروجی را در بار کم اندازه گرفته و سپس کم‌کم جریان

بار را به مقدار ماکزیمم آن افزایش داد البته بایستی در ولتاژ خروجی تغییر جزئی باشد. دامنهٔ پیک تو پیک ریپل می‌تواند با اندازه‌گیری روی خروجی بوسیلهٔ یک‌اسکوپ بهتر چک شود و یک محدودهٔ حساس AC بایستی انتخاب گردد. زیرا ریپل خیلی کم برای نمونه کمتر از ۲۰ میلی‌ولت باشد. در اندازه‌گیری پایداری و تنظیم، لازم است که به هر تغییر کمی‌در خروجی DC با دقت توجه شود، و بنابراین یک ولتمتر دیجیتالی لازم است.

برای اندازه‌گیری پایداری، بخش تغذیه‌بایستی بطور کامل بار کشیده و به تغییر ولتاژ خروجی در ازای ۱۰٪ ورودی AC، توجه شود. ورودی اصلی می‌تواند با استفاده از یک ترانس اتوماتیک چنانکه نشان داده شده تغییر کند. سپس اگر برای مثال خروج DC از مقدار ۱۰ ولت ۵۰ میلی‌ولت تغییر کرد (تغییر در خروجی حدود ۰/۵٪). بنابراین پایداری خط مثبت $\frac{۱}{۴۰}$ می‌باشد (نسبت تغییرات $\frac{\text{خروجی}}{\text{ورودی}}$ برابر $\frac{۱}{۴۰}$ است).

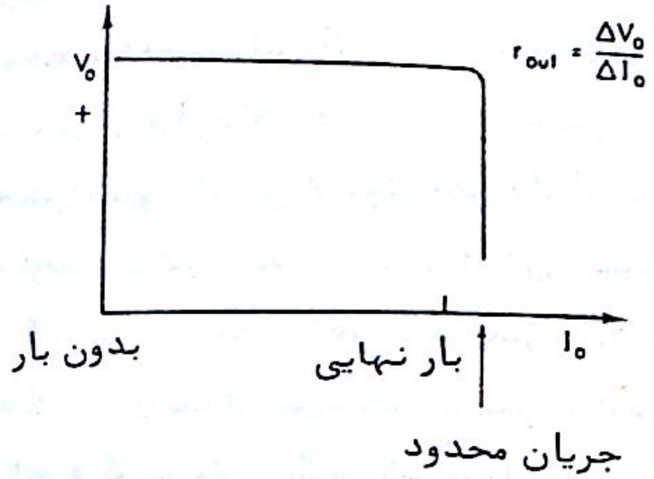
برای اندازه‌گیری تنظیم ولتاژ، ورودی AC را ثابت نگهداشته وبار را از صفر تا بار کامل تغییر می‌دهیم در این صورت به تغییرات خروجی توجه کرده که:

$$\text{تنظیم ولتاژ} = \frac{\text{تغییر خروجی DC}}{\text{خروجی DC در زمان قطع ولتاژ}} \times ۱۰۰\%$$

برای مثال فرض کنید که خروجی ۱۰ ولتی، ۲۰ میلی‌ولت تغییر کند. تنظیم ولتاژ برابر است با:

$$\frac{20 \times 10^{-3}}{10} \times 100\% = 0.2\%$$

برای کسب اطلاعات بیشتر روی طرز کار منبع تغذیه، اغلب لازم است که منحنی تنظیم‌بار را رسم کنیم. که این رسم ولتاژ خروجی در برابر جریان بار می‌باشد. از این رو بخش محدود کنندهٔ جریان در شکل (۳-۱۱) نشان داده شده است.



شکل(۳-۱۱)- رسم منحنی تنظیم‌بار نمونه ، برای بخش تغذیه در یک جریان محدودشده تغییرات ولتاژ خروجی بین جریان در حالت صفر و در حالت بار نهایی باید خیلی کم باشد .

۳-۶- تکنیکهای یافتن عیب و شرایط نوعی عیب

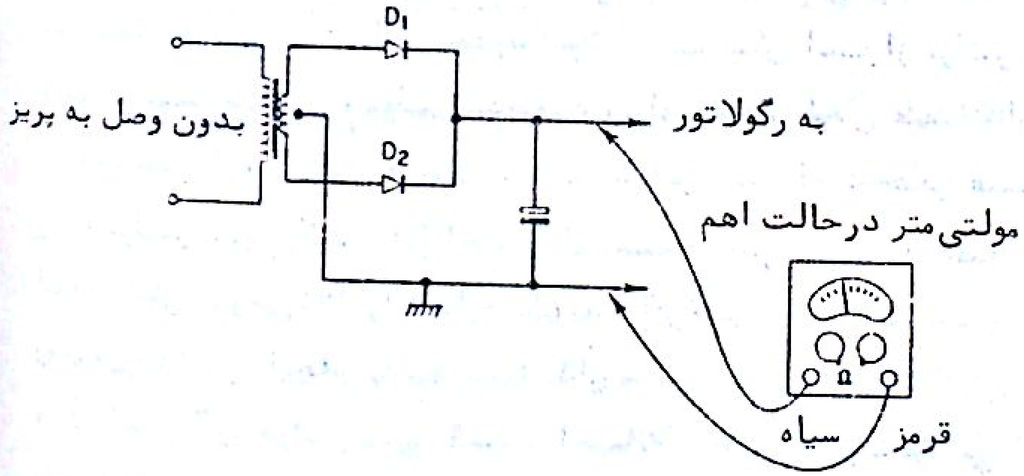
وقتی که یک منبع تغذیهٔ معیوب برای تعمیر آورده می‌شود ، عیب‌بایستی به قسمت خاصی از دستگاه محدود شود . عیب ممکن است از ترانس، یکسو کننده ، قسمت‌صافی ویاتنظیم‌کننده‌باشد وبرای مشخص کردن عیب‌اندازه‌گیری بایک‌ولتمتر لازم است . هرچیز بهترین کاراین است که تشخیص عیب را از راه اصولیش شروع کرد . اما اغلب یک تست سطحی می‌تواند مفید باشد . ابتدا ولتاژ خروجی DC را اندازه بگیرید . اگر صفر بود ، تست بعدی بایستی روی ورودی‌اصلی انجام پذیرد . آیا مدار منبع اصلی به اولیه ترانس(مبدل) وصل است اگر جواب منفی است ، احتمالا" عیب در رابطها می‌باشد یا سیمهای اصلی قطع شده و یا فیوزی سوخته است .

برای امتحان فیوز می‌توان اتصال آنرا بایک اهمتر تست کرد . هرگز به بازرسی ظاهری اعتماد نکنید . همچنین امکان دارد که هردو سیم مثبت و

منفی در مدار دارای فیوز باشند ، بنابراین مطمئن شوید که هردو فیوز سالم است . اگر فیوز سوخته باشد بنابراین این عمل به علت وجود عیبی درمدار پیش‌آمده است که قبل از قرار دادن فیوز جدید بایستی عیب برطرف شود . برای تعیین یک چنین عیبی بایستی از روش اهم‌چک استفاده کرد . بوسیلهٔ یک اهمتر مقاومت اولیهٔ ترانس(مبدل) ، ثانویهٔ آن ، یکسوکننده‌ها و بقیهٔ المانها را امتحان کنید . البته مقدار اهم سیم‌پیچهای یک ترانس به اندازهٔ آن بستگی دارد مثلا" برای یک ترانس متوسط بایستی مقاومت کم بوده حدود ۵۰ اهم باشد . ثانویه که معمولا ولتاژ کمتری را تولید می‌کند ممکن است مقاومت کمتری حدود چند اهم داشته باشد .

بنابراین مشخص کردن اتصال در یک سیم‌پیچ مشکل می‌باشد . ولی در صورتی که امکان مقایسه اهم اندازه‌گیری شده با هر وسیلهٔ قابل دسترسی از همان نوع مبدل تعمیر را آسان می‌کند .

راه مفید دیگری برای چک‌کردن این است که ترانس را بدون بار راه بیاندازیم و گرمای ایجاد شده را نسبت به حالت معمول آن همچنین‌ولتاژهای



شکل (۳-۱۲) — استفاده ازاهمتر برای اندازه‌گیری مقاومت‌دوسرخط ناپایدار .

بدست آمده را تست کنیم .

وقتی از یک اهمتر استفاده می‌کنید دقت کنید . که در مداری که دیودها ، خازنهای الکترولیتی و ترانزیستورها وجود دارند . از پلاریته‌ٔ صحیح برای اهم‌چک استفاده شود . در غیراینصورت با اشتباه روبرو می‌شوید . برای مثال شکل (۳–۱۲) اندازه‌گیری مقاومت خط ناپایدار نشان داده شده است . بایستی از رابط مثبت (که از داخل اهمتر به قطب مثبت باطری وصل می‌باشد) به مسیر مثبت و رابط منفی به شاسی وصل شود . اگر اندازه‌گیری معکوس باشد . یک مسیر با مقاومت کم از طریق یکسوکننده‌ها و یک مسیرنشتی از طریق خازن وجود خواهد داشت .

فرض کنید که بخش منبع تغذیه معیوب ، است فیوزها بی‌عیب و منبع اصلی به اولیهٔ مبدل وصل می‌باشد . مرحلهٔ بعدی اندازه‌گیری ولتاژAC ثانویه ، ولتاژ DC ناپایدار ، ولتاژ DC تنظیم‌کننده و بقیهٔ مدار باشد تا عیب مشخص شود .

جدول (۳–۱) لیست بعضی از عیوب نمونه‌ای را با علائم عیب نشان می‌دهد . اینها فقط نمونه‌ای از عیبهایی است که امکان دارد اتفاق بیفتد . تعیین قطعهٔ معیوب از روی سری علائم داده شده وتجربه بدست می‌آید . تمرینات به همین منظور داده شده است .

عیب	علائم
اولیه و ثانویه ترانسفورمر قطع	خروجی DC صفر ، AC ثانویه صفر ، مقاومت زیاد در اولیه یا ثانویه
اتصال کردن اولیه یا ثانویه ترانس اصلی	دو حالت دارد الف ـ فیوزهای اصلی سوخته ب ـ خروجی DC کم و ترانس خیلی گرم می‌شود زیرا جریان اضافی می‌کشد .

سیم پیچهای‌ترانس اصلی با هسته‌ٔ آهنی اتصال کرده است .	فیوزها می‌سوزند بین سیم پیچها و شاسی مقاومت کمی وجود دارد .
یک دیود در پل قطع است .	مدار مانند یک یکسوکننده‌ٔ نیم موج اثرمی‌کند . خروجی DC کمتر و تنظیم خیلی کم . افزایش ریپل در ۵۰ هرتز صورت می‌گیرد نه در ۱۰۰ هرتز که بایستی باشد .
یک دیود در پل اتصال کرده است .	فیوزهای اصلی می‌سوزند ، زیرا دو سر سیم پیچ ثانویه مستقیما" از راه دیود بهم اتصال کرده است یک اهم‌چک پایه‌های دیود پل لازم است . اهم هر دیود را درجهت مستقیم و معکوس اندازه بگیرید .
خازن ذخیره (الکترولیت) قطع شده است .	حداکثر خروجی DC کم و ریپل AC روی خروجی DC
خازن ذخیره(الکترولیت) اتصال‌کرده است .	فیوزهامی‌سوزند ، مقاومت DC مسیر مثبت ناپایدار درهردوجهت کم می‌باشد .
تقویت‌کننده‌ٔ خطا در تنظیم‌کننده قطع شده است .	خروجی DC زیاد که غیرقابل تنظیم است . هیچ سیگنال کنترلی برای المان سری وجودندارد .

پایهء امیتر ترانزیستور سری قطع شده است .	خروجیDC صفر ، DC ناپایدارکمی بیشتر ازحالت عادی خواهدبودزیرا هیچ جریانی کشیده نمی‌شود
زینر مرجع اتصال کرده است	خروجیDC کم . امکان زیاد دارد که ترانزیستور داغ شده باشد .

جدول(۳ـ۱) ـ عیبهای نمونه بخش منبع تغذیه .

۳-۷ تمرین : بخش منبع تغذیه با یک تنظیم کننده خطی‌ساده. شکل (۳-۱۳)

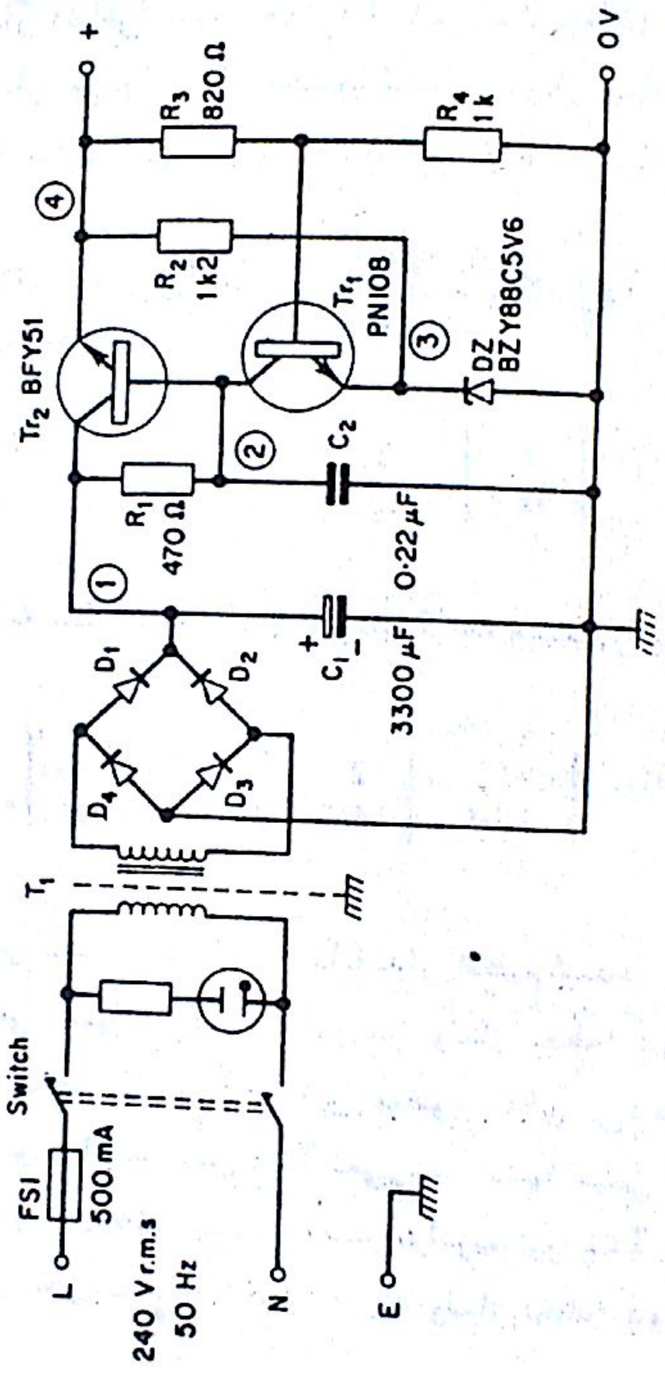
این بخش بیشتر مطالبی را که قبلاً" بحث شد دربرمی‌گیرد و طوری طراحی شده که خروجی ۱۲ ولت با جریان ۱۰۰ میلی‌آمپر را بدهد. مقاومت خروجی کمتر از ۰/۵ اهم و تنظیم بار بیشتر از ۰/۵% و پیک‌توپیک درحداکثر ولتاژ کمتر از ۵ میلی‌ولت می‌باشد.

یک ولتاژ DC ناپایدار از مدار یکسوکننده پلی و خازن الکترولیت ۲۳۰۰ میکروفارادی بدست می‌آید. ولتاژ موثر ثانویه مبدل ۱۲ ولت می‌باشد. بنابر این ولتاژ ناپایدار دوسر تقریبا" $12\sqrt{2}$ V ولت یعنی حدود ۱۶ ولت می‌باشد.

ولتاژ مبناء (مرجع) بوسیلهٔ دیود زینر ۵/۶ ولتی تولید می‌شود که ۴۰۰ میلی‌واتی است. مثلا" زینرBZY88 C5V6 ایده‌آل می‌باشد. Tr_1 تقویت کننده DC خطا می‌باشد که قسمتی از ولتاژ خروجی DC یعنی ولتاژ دوسر R_4 را با ولتاژ مرجع مقایسه می‌کند. هراختلافی بین این دو ولتاژ باشد به وسیلهٔ Tr_1 تقویت شده و به بیس Tr_2 داده می‌شود.

برای مثال حالتی را فرض کنید که خروجی DC افت کرده واین زمانی‌است که بار بیشتری کشیده می‌شود. ولتاژ بیس Tr_1 کم شده درنتیجه جریان کمتری را هدایت‌می‌کند. بنابراین ولتاژ کلکتور Tr_1 افزایش یافته و این افزایش ولتاژ از طریق Tr_2 کوپل شده است که آن نیز مانند یک کلکتور مشترک (mitter Follower ، دنبال کننـــده امیتر) عمل کرده وافت اولیه ، خروجی را بی‌اثر می‌کند. بنابراین عمل مدار چنین است که خروجی را تا حد ممکن ثابت نگهدارد.

چون جریان بار خروجی فقط ۱۰۰ میلی‌آمپر می‌باشد. پس نیست که Tr_2 (BFY51) را روی یک رادیاتور سوار کنیم. در این مدار محدود کنندهٔ جریان وجود ندارد، بنابراین اگر بعلت اتصال کوتاه کردن



شکل (۳-۱۳) ـ منبع تغذیه. 12 V 100 mA

مبدل: اولیه: 0-240VAC

ثانویه: 12V 250mA

خروجی ، یک جریان اضافی عبور دهد Tr_2 بدون شک خواهد سوخت .

در صورت نیاز می‌توان یک محدودکنندهٔ جریان مطابق شکل (۳-۸) اضافه گردد . اما برای این تمرین ما محدودکنندهٔ جریانی را در نظر نمی‌گیریم .

ولتاژهای DC اندازه‌گیری شده بویسله یک دستگاه اندازه‌گیری استاندارد برابر است با :

نقاط آزمایش	4	3	2	1
ولتاژ بدست آمده	12.2	5.8	13	16

حال ولتاژهای بدست آمدهٔ زیر را درنظر گرفته وعیب را پیدا کنید .

نقاط آزمایش	4	3	2	1
ولتاژ بدست آمده	0	0	17.5	17.5

خروجی DC صفر است . اما ورودی ناپایدار تنظیم‌کننده ، افزایش یافته ، درنتیجه جریان کمی عبور می‌کند . همچنین ولتاژ نقطهٔ دو (TP_2) درست برابر است با ولتاژ نقطهٔ یک (TP_1) این موضوع نشان می‌دهد که بطورکلی هیچ جریانی از طریق R_1 به بیس Tr_2 نمی‌رسد . تنها عیبی که بوجود آمده است قطع پیوند بین پایه‌های بیس و امیتر ترانزیستور Tr_2 می‌باشد . باید توجه داشت که اگر مقاومت R_1 قطع‌شده بود ولتاژ نقطهٔ دو (TP_2) بایستی صفر می‌شد .

فرض کنید عیبی وجود دارد که ولتاژ تمام نقاط آزمایش (TPها) صفر باشد . جستجوی بیشتر نشان می‌دهد که فیوز سوخته است . بوسیلهٔ اهمتر مقدار مقاومت سیم‌پیچ اولیه (۴۳ اهم) و سیم‌پیچ ثانویه (۴ اهم) را چک کرده که سالم باشند . بعد مقاومت نقطهٔ آزمایش شده یک که صفر ولت است

را امتحان کرده در صورتی صفر اهم بود نشان می‌دهد که خازن C_1 اتصال کرده است .

سوالات :

در جدول زیر یک سری شرایط عیب داده شده است . در هر حالت مشخص کنید کدام قطعه و یا قطعات می‌توانند باعث‌این عیوب شوند و دلیل آنرا ذکر کنید ؟

عیب	1	2	3	4	علائم
A	16	15	14.5	14.5	
B	11	6	4.8	5	ریپل افزایش یافته
C	16	15	5.8	14.5	تنظیم ضعیف است
D	17.5	0	0	0	
E	16.5	2.1	0	1.5	
F	17.5	17.5	0	0	
G	16	7.5	5.8	7	
H	16	5.9	5.9	5.2	تنظیم ضعیف است

۳ـ۸ـ تمرین : منبع تغذیه پایدار با مدار محدودکننده جریان‌شکل (۳ـ۱۴)

این مدار با مشخصات زیر طراحی شده است .

خروجی DC : قابل تنظیم از ۱۰ تا ۱۵ ولت با جریان ۱ آمپر .

محدودیت جریان : قابل تنظیم از ۵۰۰ میلی آمپر .

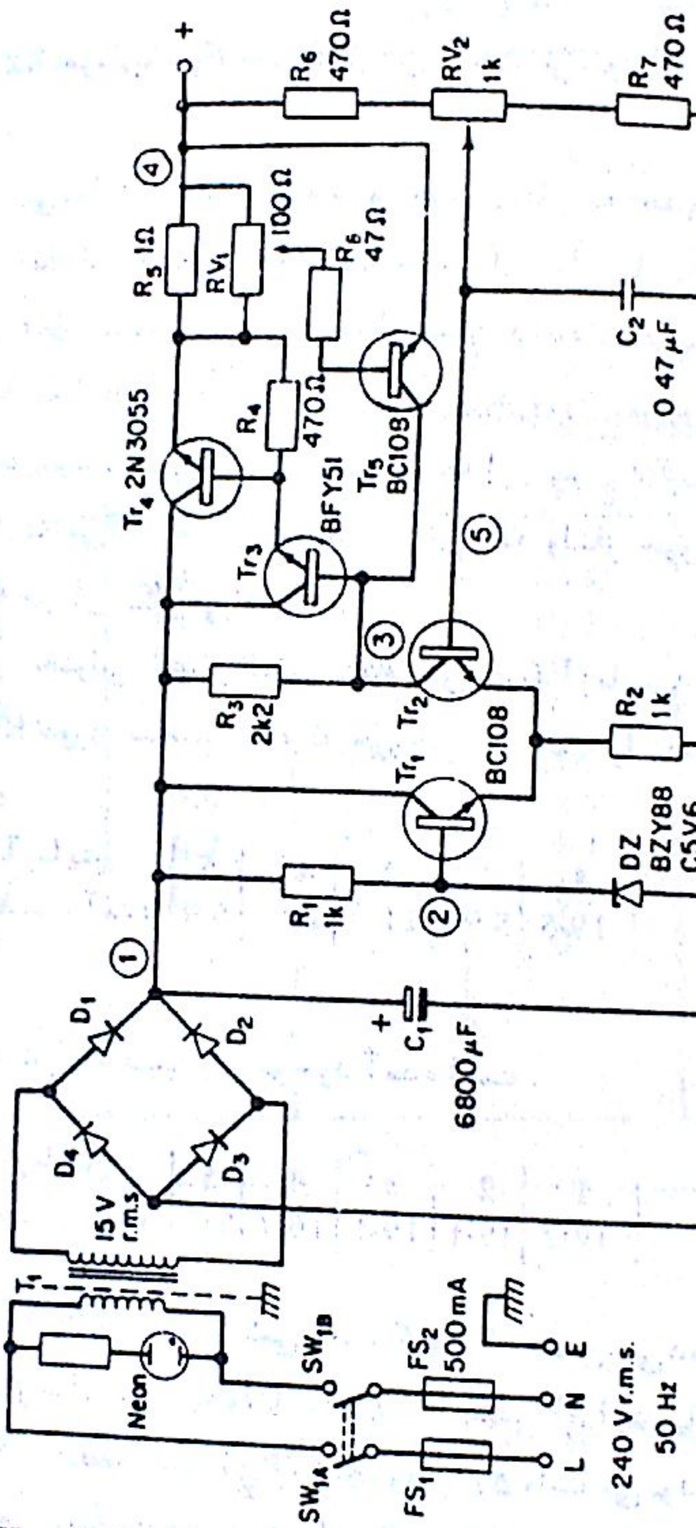
ریپل خروجی : در بار کامل پیک تو پیک ۲۰ میلی‌ولت .

تنظیم بار : بیشتر از ۱٪ باشد .

مقاومت خروجی : ۰/۱ اهم .

در این مدار تقویت کننده خطا بوسیلهٔ Tr_1 و Tr_2 ساخته شده که آنها بهم وصل شده و تشکیل یک تقویت‌کننده اختلاف را می‌دهند . که این ، پایداری بهتری را در ازای تغییرات درجه حرارت محیط برای ولتاژ خروجی بوجود می‌آورد . المان مرجع که همان زینر ۵/۶ ولتی می‌باشد به بیس Tr_1 وصل شده است در حالی که یک قسمتی از خروجی به بیس Tr_2 داده شده است . هر اختلافی بین این دو سطح ، ولتاژ تقویت شده را به بیس Tr_3 می‌دهد و درنتیجه Tr_4 سطح خروجی را کنترل می‌کند . Tr_3 و Tr_4 به صورت یک تقویت‌کننده دارلینگتون بهم متصل شده‌اند تا اینکه بهرهٔ بالایی برای کل مدار تولید کنند . برای اینکه ترانزیستور Tr_4 بتواند در درجه حرارت محیط حدود ۵۰ درجهٔ سانتیگراد نگهداری شود ، بایستی روی یک رادیاتوری سوار شود که مقاومت حرارتی آن بیشتر از ۱۰ درجهٔ سانتیگراد درهروات نباشد سوار شود نوع مناسب آن RS149 می‌باشد .

محدودیت جریان بوسیلهٔ مداری تامین می‌شود که از R_5 ، RV_1 ، R_8 ، Tr_5 تشکیل شده است یک قسمت از ولتاژی که روی R_5 بعلت عبور جریان بار در آن بوجود آمده از طریق R_8 (مقاومت محدود کننده جریان بیس) به Tr_5 داده می‌شود . اگر جریان بار آنقدر زیاد باشد . که باعث شده ولتاژ بیس Tr_5 از حدود ۶۰۰ میلی‌ولت بیشتر شود ، Tr_5 شروع به هدایت کرده



شکل (۳-۱۴) - منبع تغذیه پایدار با جریان محدود 10 V 1 A

مبدل : RS207-267

Rectifiers IN5401

و از بیس Tr_3 جریان می‌کشد . بنابراین باعث می‌شود که هدایت المان سری محدود شود .

خروجی می‌تواند اتصال کرده و جریان بار به حدود ۱ آمپر محدود خواهد شد . مقدار حقیقی محدودیت جریان بار با تنظیم RV_1 مشخص می‌شود . طرز عمل خروجی در شکل مدار نشان داده شده است .

یک مدار محافظ ولتاژ زیاد از نوع Crowbar می‌تواند مطابق شکل (۳–۹) اضافه شود . اگر ولتاژ خروجی از مقدار زینر DZ_2 بیشتر شود تریستور شروع به هدایت می‌کند و این باعث می‌شود که ولتاژ خروجی اتصال کرده و محدود کننده جریان بکار می‌افتد .

ولتاژهای معمولی اندازه‌گیری شده در نقاط آزمایش مختلف بشرح زیر می‌باشند (RV_2 طوری تنظیم شده که خروجی ۱۰ ولت را بدهد .)

نقاط آزمایش	5	4	3	2	1
ولتاژ بدست آمده	5·9	10	11·9	5·9	19·5

فرض کنید شرایط عیب زیر بوجود آمده است .

نقاط آزمایش	5	4	3	2	1
ولتاژ بدست آمده	9·2	16·7	19·1	19·1	19·2

نقطهٔ یک (TP_1) مقدار کمی افت کرده که نشان می‌دهد جریان زیادی کشیده شده ، در حالیکه بقیه ولتاژهای دیگر خیلی افزایش یافته‌اند . اگر زینر صحیح کار می‌کرد نقطهٔ دو (TP_2) حدود ۵/۹ ولت می‌بود . بنابراین عیب بایستی در قطع بودن دیود زینر باشد . تحت این شرایط تقویت‌کننده خطا کنترل خروجی را از دست می‌دهد زیرا ترانزیستور Tr_1 خیلی زیاد هدایت می‌کند و ترانزیستور Tr_2 از هدایت باز می‌ایستد .بنابراین ولتاژ بیس Tr_3 و

خروجی بایستی افزایش یابد .

سوالات :

با هریک از شرایط عیب که در زیر آمده ، قطعه معیوب و نوع عیب را با توضیحی مناسب مشخص کنید ؟

عیب	1	2	3	4	5	علائم
A	19·3	0	10·4	8·6	4·2	
B	19·5	5·9	19·1	16·7	0	
C	20	5·9	20	0	0	
D	20	5·9	0	0	0	
E	19·5	5·9	11·9	10	5·9	محدود کننده‌ٔ جریان عمل نمی‌کند
F	19·5	5·9	18·9	17·4	9·1	تنظیم ضعیف است
G	19·3	5·9	6·1	18·6	6	تنظیم ضعیف است
H	0	0	0	0	0	LP_1 روشن است
I	0	0	0	0	0	FS_1 سوخته است

مقاومت اولیهٔ ترانس ۴۸ اهم و مقاومت ثانویه آن ۶ اهم می‌باشد . مقاومت بین‌نقطهٔ یک (   ) و زمین در حالیکه‌کابل مثبت اهمتر به نقطهٔ یک (   ) وصل است ۶۸۰۰ اهم می‌باشد .

۳ـ۹ـ تمرین : منبع تغذیه از نوع سوئیچینگ (شکل ۳ـ۱۵) .

در این مدار از سوئیچینگ ثانویه استفاده شده وطوری طراحی شده که خروجی DC پایدار جدود ۲۰ ولت در ۲/۵ آمپر را بدهد . این طریقهٔ عمل به دو دلیل انتخاب گردیده است . اولا" اینکه قطعات مورد نیاز نسبتا" ارزان و براحتی قابل تهیه می‌باشند . دوما" اینکه مدار حاصل خیلی پیچیده نیست .

تنظیم کننده سوئیچینگ اولیه دارای کارائی خوبی است ولی ، به ترانزیستورهای سوئیچینگ ولتاژ نسبتا" زیاد و مبدل مخصوص فرکانس بالا احتیاج می‌باشد .

در این طرح ترانزیستور سوئیچینگ BD132 می‌باشد . اگر چه یک ترانزیستور صوتی است ولی f_T برابر است با ۶۰ مگاهرتز و می‌تواند جریانی به ماگزیمم ۳ آمپر را از خود عبور دهد اگر جریان خروجی بیشتری مورد نیاز باشد . بایستی از ترانزیستور شبیه TIP2955 استفاده نمود . که ماگزیمم جریان کلکتور آن ۱۵ آمپر است . تنظیم کننده طوری طراحی شده که تمام تکنیکهایی را که در بخش منبع تغذیهٔ سوئیچی مورد بحث بود در خود پیاده نماید .

طرز کار مدار را در شکل (۳ـ۱۵) بهتر می‌توان درک نمود . کارائی مختلف از ترانزیستور ، بوسیلهٔ قطعات زیر بدست می‌آید :

نوسانساز موج مربعی :فرکانس تقریبی Tr_1 و Tr_2 برابر است با 50 KHZ

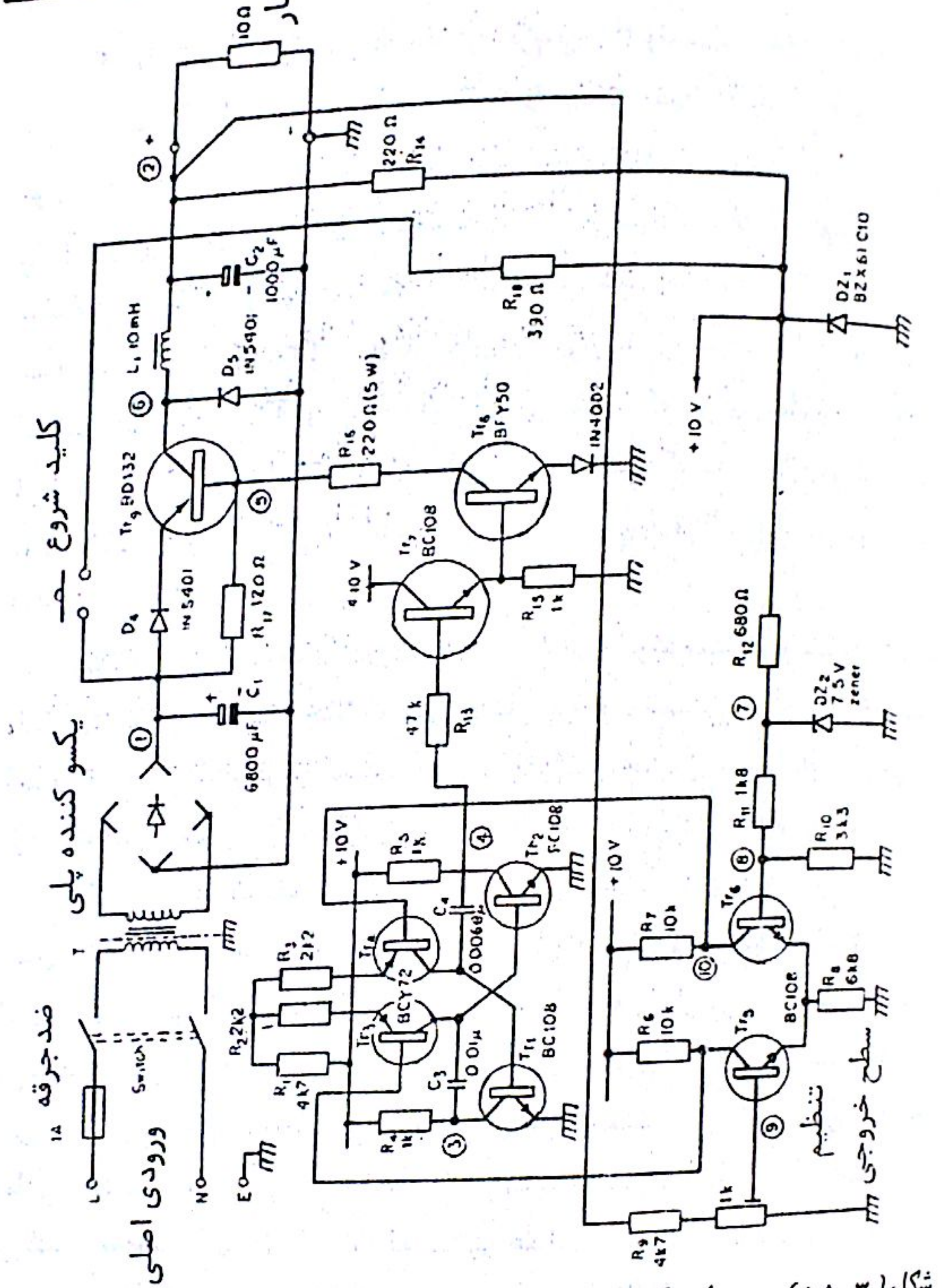
کنترل Duty cycle Tr_3 Tr_4

مقایسه کننده : Tr_5 Tr_6

مرجع : DZ_2 یک زینر ۷/۵ ولتی مانند BCY88

راه‌انداز سوئیچ : Tr_7 . Tr_8

سوئیچ سری : Tr_9



شکل (۳-۱۵) — تنظیم‌کننده‌ٔ نوع سوئیچینگ ۲۰ ولت ، ۳ آمپر .

مبدل :

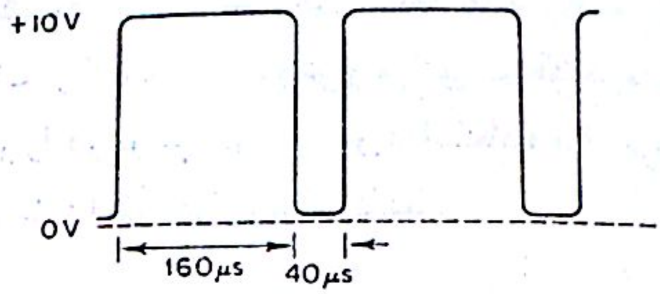
primary 0–240 V
secondary 25 V r.m.s. @ 3 A
R.S. 196–145
R.S. 261–457

یکسوکننده‌ها :

یک ولتاژ DC ناپایدار به مقدار تقریبی ۳۵ ولت بوسیلهٔ یکسوکنندهٔ پلی در دو سر C_1 ایجاد می‌شود. بنابراین ولتاژ مفید ثانویه ۲۵ ولت و مقدار توان حد مجاز آن حدود ۱۰۰ ولت آمپر می‌باشد. ولتاژ ناپایدار بوسیلهٔ Tr_9 در فرکانس حدود ۵ کیلوهرتز ایجاد می‌شود. سیگنال سوئیچینگ (وصل کننده) بوسیلهٔ مولتی‌ویبراتور استابلی که تشکیل شده از Tr_1 و Tr_2 ساخته شده سپس از طریق Tr_7 و Tr_8 به Tr_9 می‌رسد و نسبت شارژ به دشارژ این استابل بوسیلهٔ Tr_3 و Tr_4 کنترل می‌شود. که برای نمایش عملکرد، از فرکانس نسبتا" کم استفاده می‌شود. زیرا زمانی که مدار کار می‌کند سیگنال قابل شنیدن می‌باشد. با کاهش ظرفیت C_3 و C_4 فرکانس از محدودهٔ صوتی افزایش می‌یابد.

سیگنال سوئیچینگ Duty cycle سیگنال سوئیچینگ بوسیلهٔ یک سطح ولتاژ DC که از تقویت اختلاف بین ولتاژ مرجع وقسمتی از خروج DC بدست آمده تغییر می‌یابد فرض کنید به علت افزایش جریان بار ولتاژ خروجی افت کرده که این افت ولتاژ از طریق R_9 و RV_1 به بیس Tr_5 داده می‌شود.

Tr_5 و Tr_6 یک تقویت کننده اختلاف را تشکیل داده‌اند و وقتی که ولتاژ بیس Tr_5 افت کند Tr_5 کمتر هدایت کرده و Tr_6 بیشتر هدایت می‌کند. این بدین دلیل است که ولتاژ بیس Tr_6 بوسیله ولتاژ مرجع ثابت نگهداشته می‌شود. خروجی های Tr_5 و Tr_6 به بیس Tr_3 و Tr_6 وصل شده‌اند بنابر این Tr_3 قطع و Tr_6 وصل می‌باشد. این ترانزیستور، زمان دشارژ خازنهای زمانی استابل یعنی C_3 و C_4 راکنترل می‌کنند بنابراین با که کمترهدایت می‌کند (مقاومت زیاد) و Tr_4 که بیشتر هدایت می‌کند Tr_2 برای مدت زمان بیشتری در حالت قطع نگهداشته می‌شود. درحالیکه Tr_1 در مدت کمتری در حالت قطع می‌باشد. بنابراین شکل موج کلکتور Tr_2 بطوریکه در شکل (۳-۱۶) مشاهده می‌شود سیگنالی است که مدت زمان مثبت بودن آن طولانی‌تر از منفی بودن آن می‌باشد.



شکل (۳-۱۶) ـ شکل موج سوئیچینگ در کلکتور Tr_2، زمانی که بار سنگینی به خروجی وصل شده باشد .

بنابراین Tr_9 یک سیگنال سوئیچینگی دریافت می‌کند که آنرا برای مدت بیشتری در سیکل سوئیچینگ روشن می‌کند و این منجر به بی‌اثر کردن افت ولتاژ اولیه می‌گردد . چون ترانزیستور سری بطور پیوسته قطع و وصل شود . تلفات کلکتور آن کاملا" کم شده و فقط به یک رادیاتور کوچک حدود ۵ سانتی‌متر مربع احتیاج می‌باشد .

خروجی سوئیچ‌کننده (قطع و وصل کننده) Tr_9 بوسیلهٔ L_1C_1 صاف می‌گردد . در طی مدت قطع Tr_9 ، دیود D_4 و مقاومت R_{17} جریان نشتی کلکتور را به حداقل می‌رسانند و D_2 انرژی ذخیره شده در L_1 را به بار مصرفی انتقال می‌دهد . بنابراین D_4 و D_5 هردو بایستی حداکثر جریان

نقاط آزمایش	5	4	3	2	1
ولتاژ بدست آمده	متغیر	OSC	متغیر	20	35

10	9	8	7	6
7.8	5	5.1	7.2	متغیر

مجازی برابر با حداکثر جریان کلکتور Tr_3 داشته باشند .

برای شروع کار مدار، یک سوئیچی اضافه شده بطوری که می‌تواند توان را از خروجی ناپایدار گرفته و به مولتی‌ویبراتور بدهد هرچند که مدار یکسره خروجی DC پایدار را در مولتی‌ویبراتور مورد استفاده قرار می‌دهد . ولتاژهای معمولی باری برابر با ۲ آمپر بقرار زیر می‌باشد .

سوالات :

۱ ــ در عیبهای زیر بخش منبع تغذیه کار نمی‌کند بطوری که پس از فشار دادن دکمهٔ روشن خروجی در نقطهٔ دو(TP_2) صفر نشان می‌دهد هرچند مشاهده می‌شود که نوسانساز کار می‌کند ولی نتایج زیر از اهم‌چک بدست آمده است . در هر حالت‌کابل مثبت اهمتر به نقطهٔ اندازه‌گیری وصل شده و مقاومت نسبت به شاسی اندازه‌گیری شده است . با یک دلیل قاطع (Supporting) قطعه و یا قطعات معیوب را مشخص نمائید .

مقاومت	1	2	5	6	اولیهٔ مبدل	ثانویهٔ مبدل
A	7 kΩ	10 Ω	160 kΩ	12 Ω	33 Ω	2 Ω
B	7 kΩ	10 Ω	7 kΩ	500 kΩ	33 Ω	2 Ω
C	7 kΩ	10 Ω	7 kΩ	12 Ω	33 Ω	2 Ω

۲ــ شکل موجهای واسطهٔ زمانی کلکتورهای Tr_2 و Tr_8 را که شما انتظار اندازه‌گیری‌آنها را دارید با استفاده از یک اسکوپ دوکاناله و در شرایط جریان بار خروجی کم ، رسم کنید .

فرض کنید که اسکوپ بوسیلهٔ شکل موج Tr_2 روی ورودی Y_1 راه‌اندازی می‌شود .

۳ ـ اثرات عیبهای زیر را مشخص کنید .

الف ـ اتصال کوتاه C_1

ب ـ اتصال کوتاه بودن بیس امیتر Tr_8

ج ـ قطع بودن بیس امیتر Tr_4

د ـ قطع بودن R_{16}

هـ ـ قطع بودن R_{14}

۴ ـ بخش منبع تغذیه طوری معیوب شده که فیوز سوخته است . با یک اهم‌چک DC نتایج زیر حاصل شده است . با دلیلی روشن عیب احتمالی را مشخص کنید .

نقاط آزمایش	ثانویهٔ مبدل	اولیهٔ مبدل	6	5	2	1
مقدار اهم	2 Ω	33 Ω	12 Ω	7 kΩ	10 Ω	7 kΩ

تمرین (۳ـ۷) جواب سوالات فصل

عیب	المان معیوب
A	DZ قطع می‌باشد . ولتاژ در نقطهٔ ۳ (TP3) بالا رفته و هیچ جریانی از R_2 عبور نمی‌کند .
B	C_1 قطع و سطح DC در نقطهٔ ۱ (TP1) پائین است .
C	R_3 قطع ومقدارش زیاد است، و یا بیس، امیتر Tr_1 قطع می‌باشد .
D	R_1 قطع ولی C_2 اتصال کوتاه نکرده، زیرا ولتاژ نقطهٔ ۱ (TP1) زیاد است .
E	DZ اتصال کرده است .
F	بیس، امیتر Tr_2 قطع است .
G	R_4 یا قطع است و یا مقدار اهمش زیاد است .
H	کلکتور، امیتر Tr_1 اتصال کرده است .

عیب المان معیوب

A R_1 قطع و یا DZ اتصال کرده است.

B R_6 و یا RV_2 قطع است. احتمالاً C_2 اتصال کرده است.

C بیس، امیتر Tr_3 قطع می‌باشد (یا Tr_4).

D R_4 قطع می‌باشد.

E RV_1 و یا بیس Tr_5 قطع است و یا R_8 قطع می‌باشد.

F بیس، امیتر Tr_2 قطع است.

G کلکتور، بیس Tr_2 اتصال کرده است.

H اولیه و ثانویهٔ ترانس قطع است.

I اولیه ترانسفورمر با هسته اتصال کرده است.

تمرین (۳–۹) سئوال ۱– A R_{17} قطع است. B L_1 قطع است.

C - تست به وسیلهٔ اهمتر در حد معمول است.

عیب می‌تواند قطعی یک المان در مدار Tr_7, Tr_8, Tr_9 باشد یعنی R قطع باشد.

سئوال ۳–

الف – C_1 s/c فیوز سوخته است. مقاومت نقطهٔ ۱ (TP1) در صفر ولت صفر اهم است.

ب – نوسانساز بکارمی‌افتد، اما خروجی وجودندارد. سیگنال سوئیچینگ در کلکتور Tr_8 وجود ندارد.

ج – Tr_2 روشن و Tr_1 خاموش است. بنابراین Tr_8 بدون بایاس‌مستقیم است. Tr_9 هدایت نکرده و خروجی صفر است.

د – Tr_9 نمی‌تواند هدایت کند، بنابراین خروجی صفر است. بهرحال نوسانساز شروع بکار کرده زمانی که کلید استارت فشار داده شود.

هـ – فقط هنگام فشار بر سوئیچ استارت مدار شروع بکارافتاده وخروجی به ۲۰ ولت پایدار، می‌رسد.

سئوال ۴– اهم‌چک بدست آمده معمولـی است. عیب در اتصال اولیهٔ ترانس با هسته می‌باشد.

فصل چهارم

مدارهای تقویت‌کننده

۴ـ۱ـ انواع تقویت‌کننده وکلاسهای آن

چون تقویت‌کننده‌های خیلی زیاد و با انواع متفاوت در الکترونیک وجود دارند لذا قبل از بررسی جزئیات مدار بهتر است‌که منظور از تقویت‌کننده تعریف شود .

تقویت‌کننده وسیله‌ای است که درآن یک سیگنال کوچک ورودی برای کنترل خروجی با توان زیادتر استفاده شود . و این معلوم می‌کند که یک تقویت‌کننده می‌باید شامل چند قطعهٔ فعال مثل لامپ یا ترانزیستور، منبع تغذیه DC و یک مقاومت بار باشد . یک تقویت‌کننده در شکل (۴ـ۱) A نشان داده شده است سپس این جریان تغییر ولتاژی در دوسر مقاومت بار بوجود می‌آورد ، بطوری که توان خروجی برابر می‌شود با :

$$P_o = V_o i_o \text{ watts}$$

و توان ورودی برابر است با :

$$P_i = V_i i_i \text{ w}$$

بهرهٔ قدرت ، یا تقویت توان از طریق تقسیم توان خروجی به ورودی بدست می‌آید :

$$A_p = \frac{P_o}{P_i}$$

علامتی که بیشتر برای تقویت‌کننده معمول است در شکل (۴–۱) B نشان داده شده‌است که مسیر عبور سیگنال درجهت فلش می‌باشد .

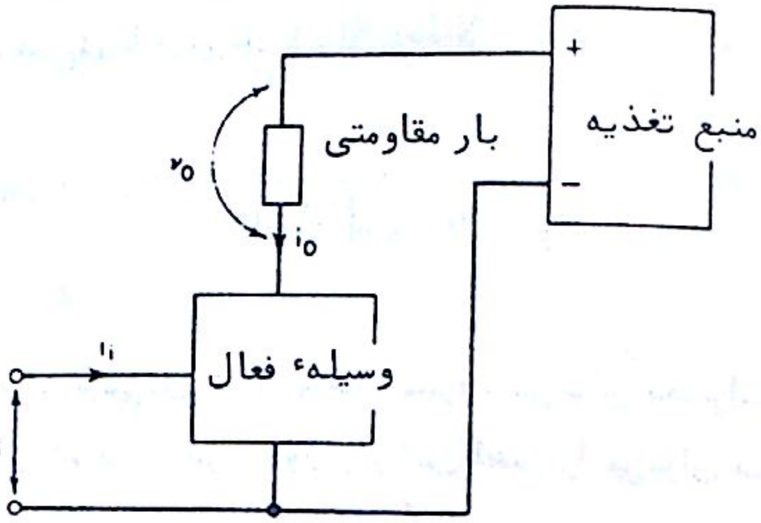
هرتقویت‌کننده‌ای توان ورودی خود راافزایش می‌دهد اما این رانباید همیشه بعنوان مسئلهٔ عمده ملاحظه کرد . چون یک تقویت‌کننده ممکن است اصولا" برای بهرهٔ ولتاژ ، بهرهٔ جریان یابهرهٔ توان طراحی شده باشد . بنابراین اولین طبقه‌بندی تقویت‌کننده‌ها در انواع طراحی که اصولا" برای تقویت توان ، ولتاژ یا جریان صورت گرفته تقسیم می‌شود . قبلا" ملاحظه کردید که بهرهٔ توان برابر $A_p = P_o/P_i$ بنابراین نتیجه می‌شود :

بهرهٔ ولتاژ $$A_v = \frac{V_o}{V_i}$$

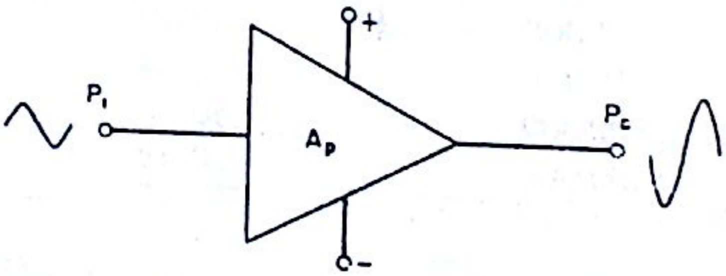
بهرهٔ جریان $$A_i = \frac{i_o}{i_i}$$

فهمیدن اینکه تمام این نسبتها ، بیان بهرهٔ تقویت‌کننده می‌باشد مهم است . بعبارت دیگر اثر پیک خروجی یک تقویت‌کننده ولتاژ ۲ ولت بوده، در حالیکه پیک ورودی آن ۱۰۰ میلی‌ولت است پس بهرهٔ ولتاژ برابر می‌شود با :

$$\frac{2\ V}{100\ mV} = \frac{2\ V}{0.1\ V} = 20$$



شکل (۴-۱) A — مدار تقویت کننده اصلی.



شکل (۴-۱) B — علامت تقویت‌کننده عمومی با بهرهٔ قدرت — $=P_o/P_i$

اغلب اعدادی که درکار با بهرهٔ تقویت‌کننده‌ها بعنوان نسبت اعداد مورد بحث قرار می‌گیرد به سختی می‌تواند کنترل شود. حالت فوق وقتی که یک تقویت‌کننده دارای تغییرات بهرهٔ زیادی با فرکانس، سیگنال نشان دهد و این تغییرات اجبارا" بصورت نمودار ثبت‌شده صادق است. نتیجتا" یک واحد لگاریتمی اغلب برای بیان بهره استفاده می‌شود، که این واحد را بل (Bel) می‌نامند.

بهرهٔ توان $$A_p = \log_{10}\left(\frac{P_o}{P_i}\right) \text{ Bels}$$

بل معمولا" واحد خیلی بزرگی برای اندازه‌گیری الکترونیکی می‌باشد. بنابراین یک دهم بل یا دسی‌بل (dB) معمولا" استفاده می‌شود پس:

$$A_p = 10 \log_{10}\left(\frac{P_o}{P_i}\right) \text{dB}$$

با استفاده از دسی‌بل برای واحد بهره، می‌توان تغییرات خیلی زیاد در نسبت بهره را کم کرد. در جدول زیر این‌کاهش را می‌توان مشاهده کرد:

بهرهٔ توان به dB	نسبت بهره توان Po
10 dB	10
20 dB	100
30 dB	1000
40 dB	10000
50 dB	100000
60 dB	1000 000

بهرهٔ ولتاژ و جریان را نیز می‌توان برحسب dB بیان کرد. مانند فرمولهای زیر:

$$A_v = 20 \log_{10}\left(\frac{V_o}{V_i}\right) \text{dB}$$

$$A_i = 20 \log_{10}\left(\frac{i_o}{i_i}\right) \text{dB}$$

فرمولهای فوق تنها موقعی دقیقا" صحیح است که مقاومت ورودی و خروجی تقویت‌کننده برابر باشد و این حالت حقیقی، و اغلب فرضی است.

علت اینکه ضریب ۲۰ در فرمولهای فوق‌استفاده شده می‌توان بصورت زیر بیان کرد :

$$\text{بهرهٔ توان} = \frac{P_o}{P_i} = \frac{(V_o/R_o)^2}{(V_i/R_i)^2}$$

که : مقاومت داخلی $= R_i$ and مقاومت خروجی $= R_o$

اگر :

$$R_o = R_i$$

پس :

$$A_p = (V_o/V_i)^2$$

بنابراین :

$$\text{بهرهٔ ولتاژ} = 10 \log \left(\frac{V_o}{V_i}\right)^2 \text{ dB}$$

چون :

$$\log x^n = n \log x$$

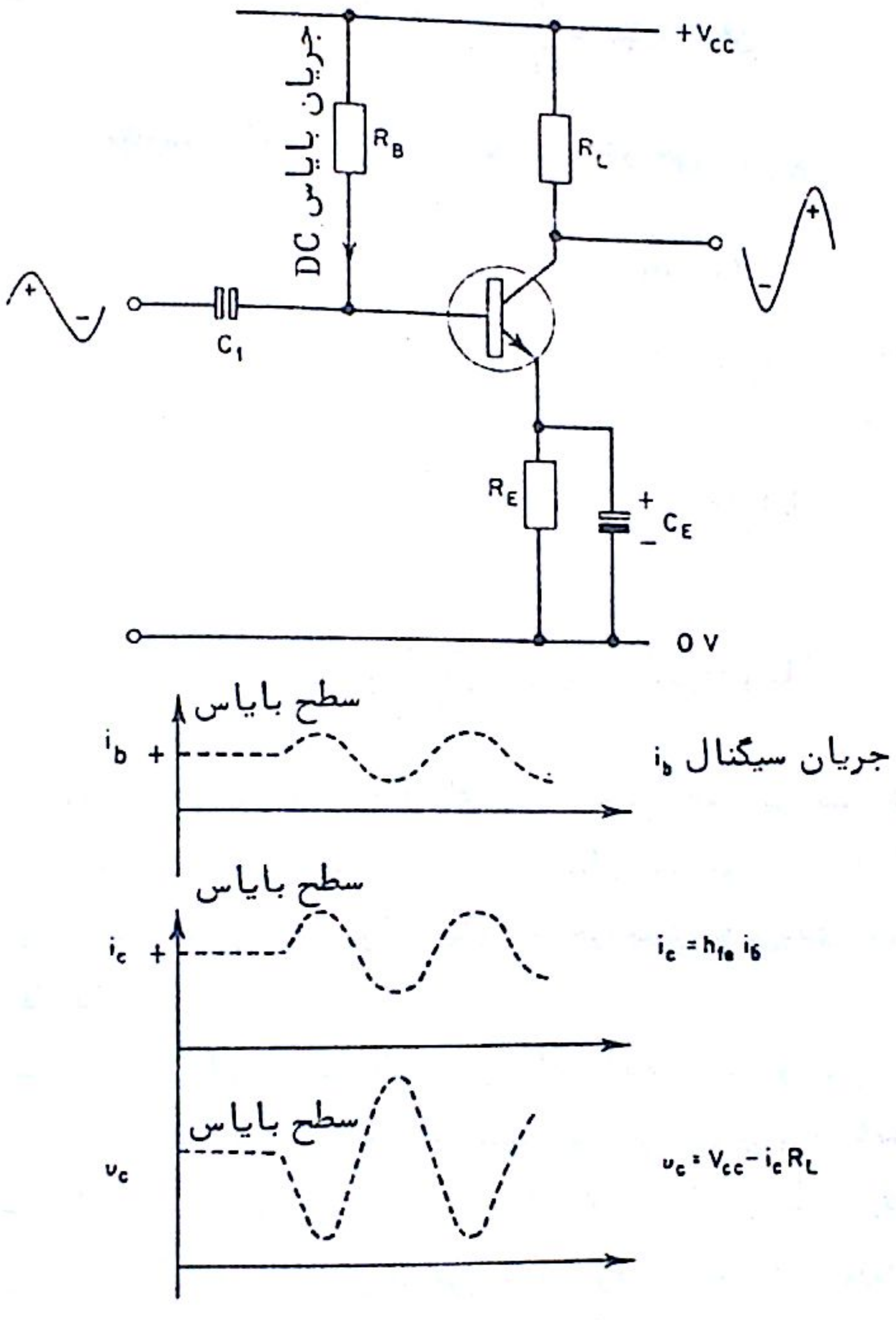
پس :

$$\text{بهرهٔ ولتاژ} = 2 \times 10 \log \left(\frac{V_o}{V_i}\right) \text{dB}$$

همانطوری که هرتقویت‌کننده دارای بهره است . همچنین بین خروجی و ورودیش یکی‌تغییر فاز نیز وجود دارد . برای مثال یک تقویت‌کننده یک طبقهٔ ترانزیستوری امیتر مشترک در فرکانسهای کم خروجیش با ورودی ۱۸۰ درجه اختلاف فاز دارد .

در شکل (۴–۲) این تغییر فاز نشان داده شده است . و این حقیقت که اگر ولتاژ ورودی افزایش یابد جریان بیس نیز افزایش می‌یابد کاملا" بیان شده است ، که این افزایش جریان بیس جریان کلکتور را نیز زیاد می‌کند .

این جریان از مقاومت بار کلکتور عبور کرده و بنابراین ولتاژ کلکتور کاهش می‌یابد . در سیگنالهای فرکانس بالا تغییر فاز دقیقا" ۱۸۰ درجه باقی می‌ماند چون حاملهای جریان درترانزیستور یک زمان محدود می‌خواهد تا به ناحیهٔ کلکتور برسد و قطعات غیرفعال در مدار نیز تغییر فاز اضافی تولید می‌کنند .



شکل (۴ـ۲)ـ این نمودار چگونگی معکوس شدن خروجی نسبت به ورودی را در تقویت‌کننده یک طبقهٔ امیترمشترک نشان می‌دهد.

تغییر فاز در یک تقویت‌کننده در فرکانسهای بالا منجر به اعوجاج فاز (خرابی فاز) می‌شود و اگر از مسیر فیدبک منفی استفاده شده باشد احتمالا" منجر به ناپایداری می‌شود. این حالت بعدا" که فیدبک منفی را شرح می‌دهیم دیده خواهد شد.

جدول (۴ـ۱) *طبقه‌بندی کلی مدارهای تقویت کننده.*

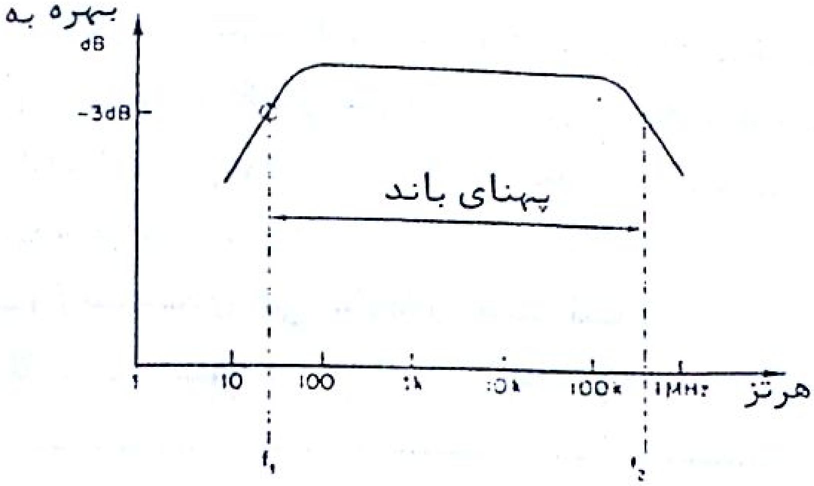
کلاس کار و نوع استفاده	پاسخ فرکانس	بهره
کلاس A ولتاژهای سیگنال کم و تقویت‌کننده‌های جریان	فرکانسهای کم و صوتی فرکانسهای رادیویی Tuned	ولتاژ جریان
کلاس B ـ تقویت‌کننده‌های توان خروجی	باندهای پهن یا ویدئو پالس	یا توان
کلاس C ـ فرستنده‌هاوسوئیچهای پالسی	جریان مستقیم	

یک طبقه‌بندی بهتر را می‌توان بادرنظر گرفتن محدودهٔ فرکانسی سیگنال که درآن تقویت‌کننده دارای بهرهٔ قابل استفاده‌ای است کرد. برای مثال یک تقویت‌کننـــده فرکانس صوتی سیگنالهای حدود ۱۵ هرتز به بالا شاید تا ۲۰ کیلوهرتز را می‌باید تقویت کند.

رسم بهرهٔ تقویت‌کننده به فرکانس سیگنال را منحنی پاسخ فرکانسی می‌نامند. یک نمونه منحنی پاسخ فرکانسی برای یک تقویت‌کننده صوتی در شکل (۴ ـ۳) نشان داده شده است.

توجه داشته باشید که معمولا" بهره برحسب دسی‌بل در محور عمودی و فرکانس روی محور افقی رسم می‌شود.

فرکانس بصورت لگاریتمی رسم می‌شود تا اینکه یک محدودهٔ زیادی را بتواند شامل شود. بهرهٔ هر تقویت‌کننده‌ای بخاطر قطعات غیرفعال درکوپل کردن [illegible] ظرفیت وضریب‌القائی پارازیتی مدار و



شکل(۴ـ۳) ـ نمونه منحنی پاسخ فرکانس. نمونه منحنی پاسخ فرکانسی.

همچنین بخاطر محدودیتهای فرکانسی وسایل فعال استفاده شده تغییر خواهد کرد.

پهنای باند یک تقویت‌کننده معمولا" در محدودهٔ فرکانسی که بهرهٔ آن بیشتر از ۳ دسی‌بل نسبت به بهرهٔ فرکانس میانی کاهش نیابدتعریف‌می‌شود.

اگر پاسخ فرکانسی صاف (Flat) باشد برای تقویت‌کننده توان این‌نقاط برابراست با ۵۰% بهرهٔ ماگزیموم (نقاط ضعف توان) وبرای تقویت‌کننده‌های ولتاژ یا جریان برابر می‌شود با ۷۰/۷% بهرهٔ ماگزیمم.

با توجه به شکل (۴ـ۳) پهنای باند بصورت زیر تعریف می‌شود:

پهنای باند $= f_2 - f_1$

بنابراین تقویت‌کننده‌ها را بصورت زیر می‌توان طبقه‌بندی نمود:

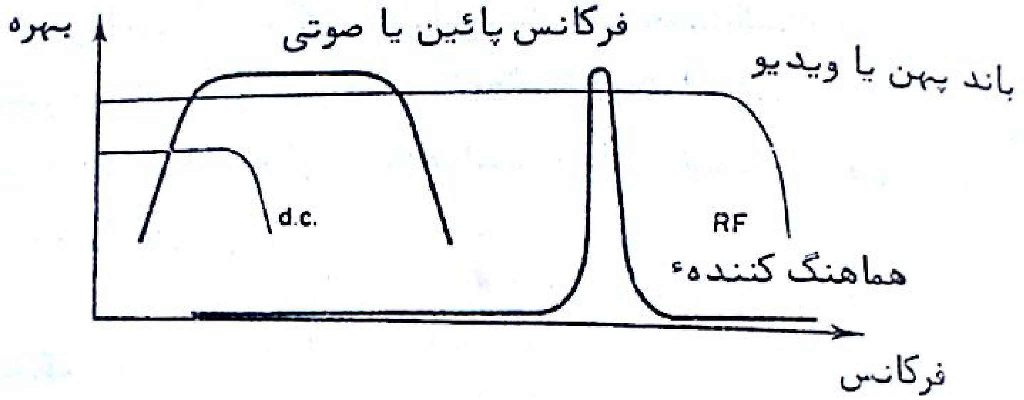
الف ـ فرکانس صوتی (AF Or IF).

ب ـ فرکانس رادیویی (RF) قابل تنظیم به پهنای باند باریک.

ج ـ باند وسیع یا ویدئو.

د ـ تقویت‌کننده‌های جریان مستقیم (DC).

منحنی‌های پاسخ اصلی برای این نمونه‌ها در شکل (۴-۴) نشان داده شده است .



شکل (۴-۴) ــ منحنی‌های پاسخ فرکانسی تقویت‌کننده‌های مختلف .

برای تقویت‌کننده جریان مستقیم ، قطعات فعال می‌باید مستقیما" کوپلاژ شوند . بنابراین تکنیکهای مخصوصی مورد نیاز می‌باشد تا از درستی بایاس کردن مطمئن شد . در این مورد بعدا" بحث خواهیم کرد .

طبقه‌بندی بیشتری هنوز وجود دارد که بحث بشود . مثل کلاس کار و کاربرد تقویت‌کننده . اصولا" ۳ کلاس‌عملی برای تقویت‌کننده‌ها وجود دارد .

کلاس A ــ یک مدار فعال ترانزیستوری طوری بایاس شده است که جریان میانگینی همیشه عبور می‌کند . این جریان بوسیلهء سیگنال ورودی در حد میانگین کاهش یا افزایش می‌یابد . که معمولترین نوع کلاس مورد استفاده بوده و بعنوان نمونه تقویت‌کننده‌های سیگنال کم از این کلاس می‌باشند .

کلاس B ــ این مدار فعال درست در مرز منطقهء قطع ترانزیستور ، بایاس شده است و بوسیلهء یک سیکل توان خروجی Push-Pull خیلی زیاد استفاده می‌شود .

کلاس C ــ و این مدار فعال در ماوراء نقطهء قطع ، بایاس شده است بنا. این یک سیگنال ورودی قبل از اینکه بتواند آماده هدایت شود می‌باید از

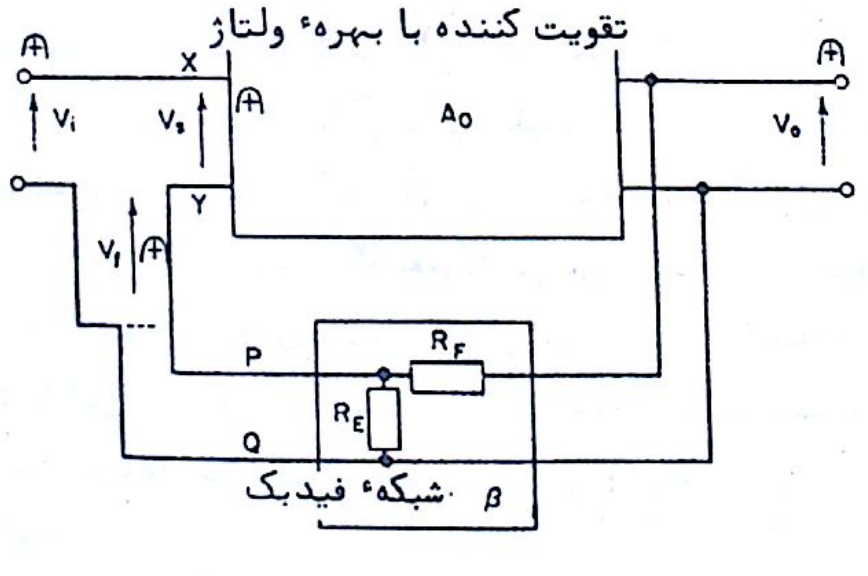
مقدار مقاومت نسبتا" زیادی عبور کند . این کلاس در مدارهای فرستنده و سوئیچینگ پالسی (Pulse Suitching) استفاده می‌شود .

طبقه‌بندی تقویت‌کننده‌های فوق را می‌توان بیشتر مورد بحث قرار داد . اما قبل از پرداختن به هرکار تعمیراتی در یک تقویت‌کننده توجه کامل به نوع و منظور استفادهٔ آن مهم است . خلاصهٔ اطلاعات چند پاراگراف قبلی که در جدول (۴ ـ ۱) جمع‌آوری شده است انواع تقویت‌کننده‌های اصلی و استفادهٔ آنها را بیان می‌کند .

۴ـ۲ـ فیدبک

بدون ذکر فیدبک هیچ بحثی در مورد تقویت‌کننده‌ها کامل نمی‌تواند باشد . مطالعه در مورد این موضوع می‌تواند خیلی پیچیده باشد . اما درک اصول اساسی آن خیلی مشکل نیست !

یک تقویت‌کننده وقتی دارای فیدبک منفی است که قسمتی از سیگنال خروجی به ورودی برگشت داده شود و مخالف آن عمل کند . مانند شکل



شکل (۴ـ۵) ـ بلوک دیاگرام یک تقویت‌کننده با شبکهٔ فیدبک .

(۴-۵) که درآن یک تقویت‌کننده با بهرهٔ A_o یک قسمت از سیگنال خروجیش (V_o) بطور سری به ورودی اعمال شده بطوریکه سیگنال برگشتی با ورودی مخالفت می‌کند.

مدار فیدبک منفی یک کسری از بهرهٔ را دارد. بنابراین سیگنال فیدبک منفی از فرمول زیر نتیجه می‌شود.

$$V_f = \beta V_o \qquad (1)$$

سیگنال ورودی به مدار برابر است با:

$$V_i = V_s + V_f \qquad (2)$$

با جایگزین کردن فرمول (۱) در (۲) فرمول زیر بدست می‌آید:

$$V_i = V_s + \beta V_o$$

بهرهٔ تقویت‌کننده برابر است با $A_o = V_o/V_s$ بنابراین:

$$V_o = A_o V_s$$

بهرهٔ کل مدار که A_C نامیده می‌شود با فرمول زیر بیان می‌شود:

$$A_c = \frac{V_o}{V_i} = \frac{A_o V_s}{V_s + \beta A_o V_s}$$

$$A_c = \frac{A_o}{1 + \beta A_o}$$

یعنی:

A_o بهرهٔ تقویت‌کننده بدون فیدبک بهرهٔ مسیر قطع (حلقهٔ باز) و

بهرهٔ تقویت‌کننده با فیدبک منفی β مسیر نامیده می‌شود. حاصل‌ضرب $A_o\beta$ بهرهٔ مدار نامیده می‌شود. که این بهرهٔ مدار از ترمینال X–Y ورودی به ترمینال P–Q فیدبک منفی است.

حال اگر بهرهٔ مدار خیلی زیادتر از واحد شود. بهرهٔ تقویت‌کننده با فیدبک منفی را می‌توان بصورت زیر دوباره نوشت:

$$A_c \simeq \frac{A_o}{A_o\beta}$$

چون عدد یک در مخرج کسر در مقایسه با $A_o\beta$ کوچک است می‌توان

$$A_c \simeq \frac{1}{\beta}$$

صرفنظر کرد. این فرمول نتیجهٔ مهمی دارد. چونکه نشان می‌دهد بهرهٔ تقویت‌کننده فقط به مشخصات مدار فیدبک بستگی دارد. بنابراین اگرشبکهٔ فیدبک منفی از یک تقسیم‌کننده ولتاژ با دو مقاومت. مانند شکل (۴–۵) ساخته شده باشد بهرهٔ تقویت مساوی است با:

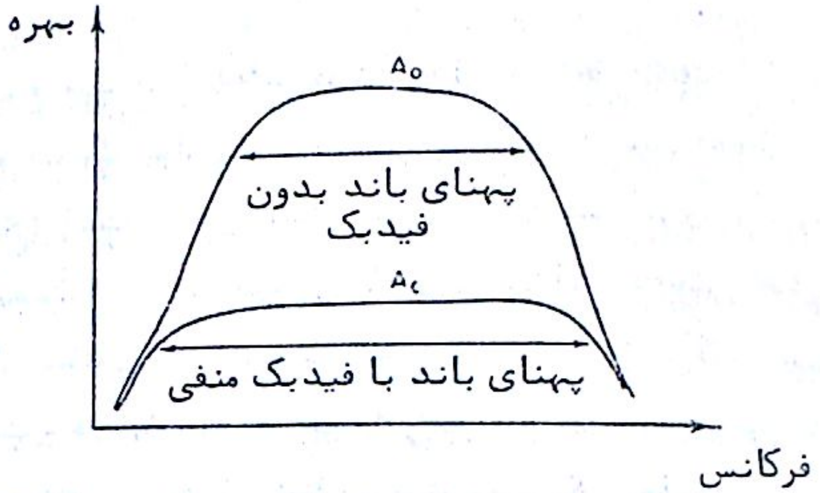
$$A_c \simeq \frac{1}{\beta} \simeq \frac{R_F + R_E}{R_E}$$

بنابراین بهره بوسیلهٔ نسبت دو مقاومت حساب می‌شود و مستقل از تغییرات در اجزاء مدار است. نظیر تغییرات بهرهٔ جریان ترانزیستور، مادامی که بهرهٔ مدار خیلی زیادتر از یک باشد. ($A_o\beta \gg 1$) فرمول فوق بدست می‌آید.

فیدبک منفی بنا به دلایل زیر مورد استفاده زیادی دارد:

الف – تثبیت بهرهٔ مدار و مستقل نمودن بهره ناشی از تغییرات قطعات مدار، درجه حرارت و خطوط تغذیه.

ب – بهبود پاسخ فرکانسی و گسترش پهنای باند یک در شکل (۴–۶) می‌توان مشاهده کرد.



شکل (۴-۶) ـ اثر فیدبک منفی در پهنای باند یک تقویت‌کننده .

ج ـ طریقی که سیگنال فیدبک منفی از خروجی منشعب شده و به ورودی اعمال می‌گردد . می‌تواند در تغییر امپدانس ورودی و خروجی مدار استفاده شود .

د ـ کاهش دادن اعوجاج غیرخطی ونویز تولید شده در داخل تقویت‌کننده .

نتایج فوق نشان می‌دهد که یک سازندهٔ مدارات بعنوان مثال برای تولید تقویت‌کننده‌های باند پهن می‌تواند با استفاده از فیدبک منفی مطمئن شود که هریک از تقویت‌کننده‌های تولیدی تقریبا" دارای مشخصات یکسانی است . یک نمونه تقویت‌کننده دو طبقه با فیدبک منفی در شکل (۴-۷) نشان داده شده است .

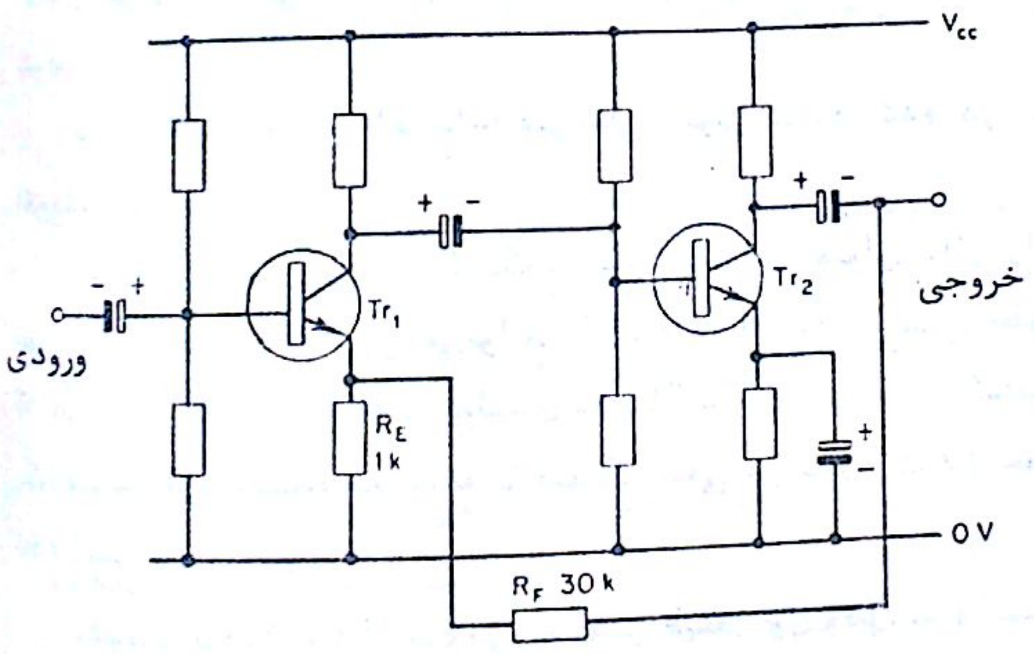
مقاومت فیدبک RF از خروجی به امیتر طبقهٔ اول وصل شده است . بهرهٔ کل مدار برابر است با :

$$A_c = \frac{R_F + R_E}{R_E}$$

یعنی : $$AC = \frac{30.1}{1} = 30$$

این نوع فیدبک انشعاب موازی (Shunt-Derived) نامیده می‌شود چون شبکه فیدبک موازی با بار خروجی است ، سری اعمال شد(Applied Series) است . چون ولتاژ فیدبک V_f بطور سری با ورودی است . در این نوع فیدبک امپدانس خروجی کاهش و امپدانس داخلی افزایش می‌یابد .

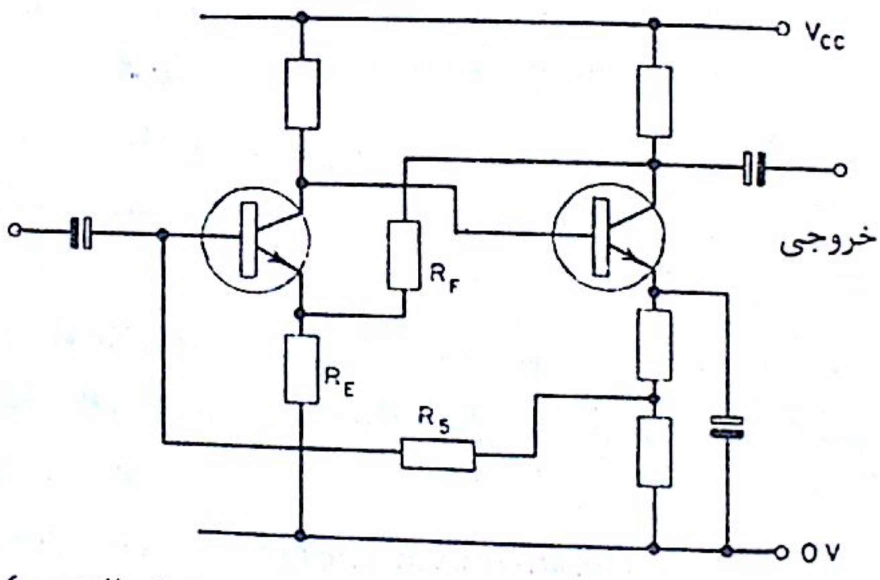
یکی از مسائلی که با فیدبک منفی ارتباط پیدا می‌کند تغییر فاز در مسیر فیدبک است . در یک تقویت‌کننده ولتاژ دو طبقه ، خروجی با ورودی همفاز است . و به همین علت در شکل (۴-۷) فیدبک بجای بیس به امیتر اعمال شده است . در فرکانسهای بالا قطعات غیرفعال داخل تقویت‌کننده نیز تغییر فاز اضافی وارد می‌کنند ، که این به سهم خود باعث تغییر فاز سیگنال فیدبک می‌شود .



شکل (۴-۷) ـ تقویت کننده دو طبقه با فیدبک منفی (کوپلاژ AC) .

در بعضی از فرکانسهای تغییر فاز کلی طوری صورت می‌گیرد که نه تنها سیگنال فیدبک مخالف ورودی نشده بلکه با آن جمع می‌گردد. نتیجهٔ این عمل باعث نوسان کردن مدار خواهد شد. از این حالت می‌توان اجتناب کرد در صورتی که مطمئن باشیم بهرهٔ مدار ($A_0\beta$) وقتی که تغییر فاز کلی دور حلقه تولید فیدبک مثبت می‌کند کمتر از یک باشد. و به همین دلیل در تقویت‌کننده‌های عملیاتی (Op- Amp) نظیر ۷۰۹ مجبوریم که یک مدار جبران‌کنندهٔ فرکانس برای محدودکردن پهنای باند داشته باشیم.

به همین دلیل کوپلاژ مستقیم اغلب استفاده‌می‌شود. زیرا تغییر فاز ناشی از خازن کوپلاژ را حذف می‌کند شکل (۴-۸)، تقویت‌کننده شکل (۴-۷) را که از کوپلاژ مستقیم استفاده شده است نشان می‌دهد. یک مسیر فیدبک اضافی از طریق مقاومت R_5 برای پایدار نمودن نقطه کار DC فراهم شده است.



شکل (۴-۸) ــ تقویت کننده دوطبقه با فیدبک منفی (کوپلاژ DC).

فیدبک می‌تواند در زمان خرابی مدار بوجود آید. برای مثال وقتی که خازن جداکنندهٔ مدار قطع شود. در این حالت بهره بطور موثری کاهش خواهد یافت. تست کردن تقویت‌کننده‌های باحلقهٔ فیدبک منفی در قسمت

بعد مورد بحث می‌باشد .

۴ـ۳ـ تست تقویت‌کننده‌ها : اندازه‌گیری‌های اصلی

تستهای گوناگونی که می‌باید روی سیستم یک تقویت‌کننده انجام شود بطور وضوح بستگی به‌نوع مدارمطرح شده دارد . اندازه‌گیریهایی که می‌باید انجام شود عبارتند از بهره ، پاسخ فرکانسی و پهنای باند . بعلاوه شاید اندازه‌گیری امپدانس ورودی و خروجی ، ماگزیمم توان خروجی و کارآیی ، لازم باشد . اندازه‌گیری آخری فقط در مورد طبقات خروجی توان بکار می‌رود .

تمام این اندازه‌گیریها را با دقت معمولی با استفاده از وسایل زیر می‌توان انجام داد .

الف ــ منبع تغذیهٔ پایدار .

ب ــ دستگاه اندازه‌گیری

ج ــ سیگنال ژنراتور با خروجی موج سینوسی و مربعی .

د ــ تضعیف‌کننده متغیر کالیبرشده برحسب دسی‌بل .

هـ ــ اسکوپ .

تستهایی که برای اندازه‌گیری اعوجاج ، نویز ، پایداری و پاسخ پالسی مورد نیاز است . احتیاج به دستگاههای خیلی پایدار می‌باشد ، که ممکن است شامل وسایل زیر باشد :

الف ــ اندازه‌گیری اعوجاج (Distortion Meter)

ب ــ مجموعه اندازه‌گیری نویز (Noise Measuring Set)

ج ــ دستگاه آنالیز کننده طیف (Spectrum Analyser)

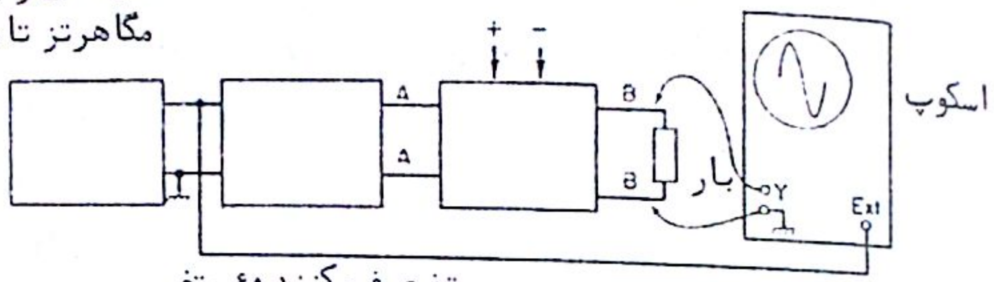
د ــ اندازه‌گیری فاز (Phase Meter)

هـ ــ فانکشن ژنراتور (Function Generator)

تحلیل این قسمتها خارج از حوزهٔ این کتاب است، اما قسمتهای زیر بعنوان راهنما در اندازه‌گیریهای اصلی درنظر گرفته شده است.

اندازه‌گیری بهره:

روش اندازه‌گیری مدار در شکل (۴-۹) نشان داده شده است:

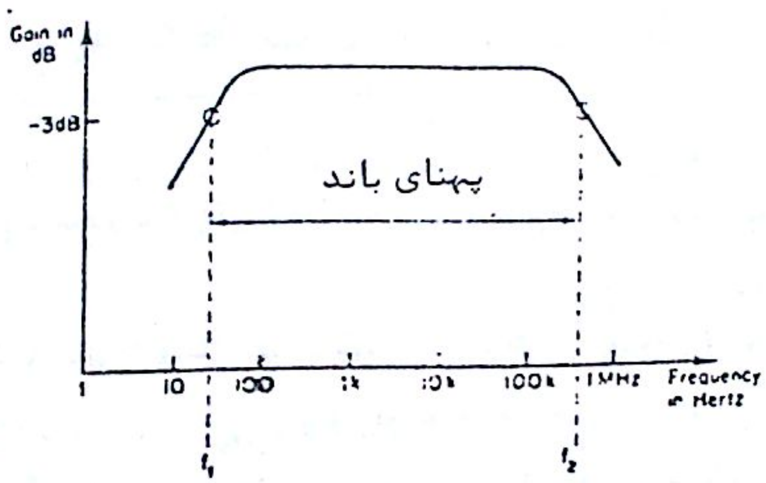


شکل (۴-۹) ــ مجموعه آزمایشات اندازه‌گیری بهرهٔ ولتاژ یک تقویت‌کننده.

فرض کنید بهرهٔ ولتاژ تقویت‌کننده در فرکانس 1 KHZ لازم باشد. ابتدا سیگنال ژنراتور را در فرکانس 1 KHZ و برای خروجی 500 mV تنظیم نموده و کلید تضعیف‌کننده را روی صفر دسی‌بل قرار دهید. این سیگنال را از ورودی تقویت‌کننده (نقطهٔ A) به ورودی Y اسکوپ وصل نموده و کلیدهای کنترل اسکوپ را طوری تنظیم کنید که از حداکثر صفحه برای نمایش منحنی استفاده گردد. سپس با همان تنظیم قبلی اسکوپ را به خروجی تقویت‌کننده (نقطهٔ B) وصل نمائید و مقدار تضعیف را طوری افزایش دهید. تا اینکه خروجی مساوی حالت قبل گردد. در نتیجه بهره تقویت‌کننده برابر می‌شود با مقدار تضعیف که سوئیچ روی آن تنظیم شده است. مزیت این روش این است که اندازه‌گیری به دقت اسکوپ بستگی ندارد. اگر تضعیف‌کننده دارای تقسیمات ۰/۱ دسی‌بل باشد درنتیجه مقدار خوانده شده با دقت ۰/۱± دسی‌بل بدست خواهد آمد.

اندازه‌گیری پاسخ فرکانسی و پهنای باند:

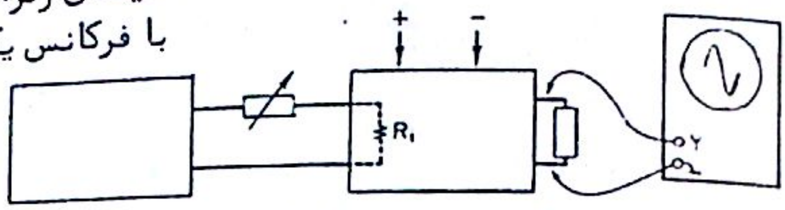
با استفاده از شکل (۴-۹) بهرهٔ تقویت‌کننده را در هر فرکانسی می‌توان حساب کرد. سپس بهره را برحسب دسی‌بل نسبت به فرکانس برروی کاغذ لگاریتم خطی رسم نمود. برای رسم منحنی تغییرات بهرهٔ یک تقویت‌کننده صوتی با محدودهٔ فرکانس ۱۰ هرتز تا ۱۰۰ کیلوهرتز چهار ستون از کاغذ لگاریتمی لازم است. پهنای باند را می‌توان با توجه به دو فرکانسی که درآن بهره ۳ دسی‌بل نسبت به بهرهٔ فرکانسی میانی افت دارد حساب کرد.



اندازه‌گیری امپدانس داخلی

مدار داخلی یک تقویت‌کننده را می‌توان بوسیلهٔ یک مقاومت که موازی یک خازن با مقدار کم نشان داد. در فرکانسهای کم امپدانس داخلی بیشتر حالت مقاومتی دارد زیرا مقدار راکتانس(Reactance)خازن خیلی زیاد می‌باشد. یک مدار برای اندازه‌گیری امپدانس داخلی در فرکانس یک کیلوهرتز در شکل (۴-۱۰) نشان داده شده است.

مقاومت متغیری که معمولا" از نوع دهدهی می‌باشد بین سیگنال ژنراتور و ورودی تقویت‌کننده وصل می‌شود. ابتدا مقاومت متغیر را صفر کرده و خروجی تقویت‌کننده را به یک اسکوپ یا اندازه‌گیری AC وصل نمائید. دستگاه

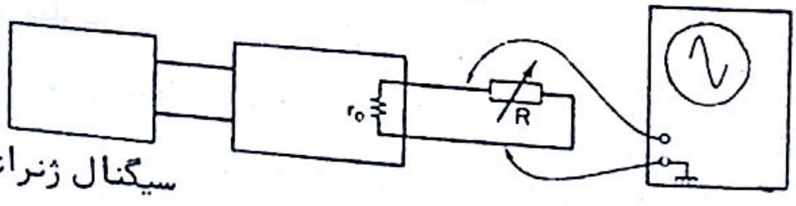


شکل (۴-۱۰)- اندازه‌گیری امپدانس ورودی یک تقویت‌کننده ولتاژ صوتی.

اندازه‌گیری را طوری تنظیم کنید تا حداکثر انحراف نشان داده شود. سپس مقاومت متغیر را افزایش دهید تا اینکه سیگنال نشان داده شده دقیقا" به نصف مقدار اولیه کاهش یابد. چون مقاومت داخلی تقویت‌کننده و مقاومت متغیر تشکیل یک تقسیم‌کننده ولتاژ می‌دهند. لذا زمانی که مقدار سیگنال خروجی نصف می‌شود مقدار مقاومت متغیر برابر مقاومت داخلی تقویت‌کننده است.

اندازه‌گیری مقاومت خروجی

مدار شکل (۴-۱۱) برای یک اندازه‌گیری بکار می‌رود. روش کار شبیه اندازه‌گیری مقاومت داخلی است. از یک سیگنال با فرکانس یک کیلوهرتز استفاده کرده و مقاومت R_L را قطع می‌کنیم. و یک انحراف زیاد روی صفحهٔ



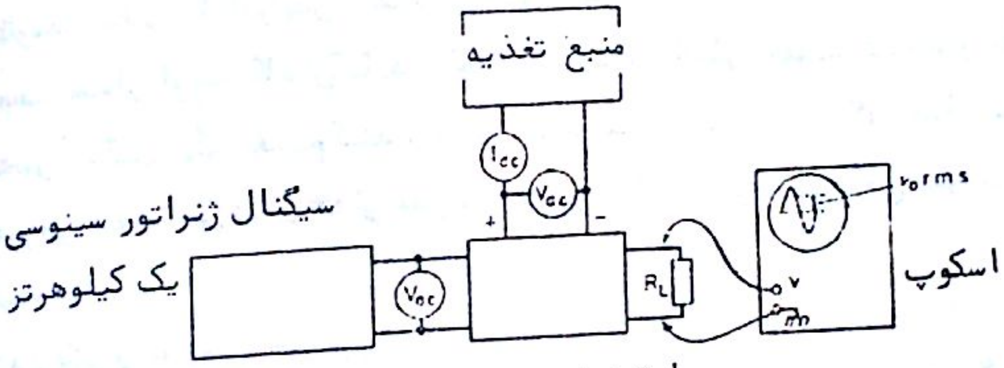
شکل (۴-۱۱)- اندازه‌گیری امپدانس خروجی یک تقویت‌کننده ولتاژ.

اسکوپ بدست می‌آید. سپس مقاومت خارجی R_L را وصل می‌نمائیم و مقدار آن را تا حدی کم می‌کنیم که خروجی دقیقا" نصف شود. مقدار R_L درحالت فوق برابر است با مقاومت خارجی.

اندازه‌گیری توان خروجی، کارآیی و حساسیت تقویت‌کننده‌ء صوتی.

برای این نوع اندازه‌گیری‌ها بلندگو می‌باید با یک مقاومت سیم‌پیچ که امپدانس آن برابر بلندگو است عوض شود، و تستها می‌باید در فرکانسی که امپدانس بلندگو بیشتر حالت مقاومتی دارد انجام گردد، حدود یک کیلوهرتز.

نمودار اندازه‌گیری در کشل (۴–۱۲) نشان داده شده است.



شکل (۴–۱۲) اندازه‌گیری قدرت خروجی، کارایی و حساسیت یک طبقه خروجی صوتی.

مقاومت سیم‌پیچ برابر مقدار امپدانس بلندگو.

مقدار وات مقاومت می‌باید از ماگزیمم توان خروجی بیشتر باشد. ولتاژ ورودی بایستی طوری تنظیم شود تا اینکه سیگنال خروجی نشان داده شده بوسیله‌ء اسکوپ دارای ماگزیمم مقدار بدون اعوجاج شود. این حالت موقعی بوجود می‌آید که در قسمت منفی و مثبت سیگنال خروجی هیچگونه بریدگی نباشد. طبیعتا" اگر یک اندازه‌گیر اعوجاج در دسترس باشد آزمایش خیلی

دقیقی را می‌توان در سطوح اعوجاج انجام داد .

پس ماگزیمم توان خروجی می‌باید بدون تجاوز از مقدار اعوجاج‌هارمونیک داده شده بوسیلهٔ سازنده ثبت شده باشد . ممکن است این پنج‌درصد مقدار کل‌اعوجاج‌هارمونیک سیگنال خروجی باشد .

$$\text{توان خروجی} = \frac{V_o^2}{R_L}$$

V_o مقدار r.m.s سیگنال خروجی است .

پس به خاطر داشته باشیم که :

$$\text{r.m.s.} = \frac{\text{مقدار پیک تو پیک}}{2\sqrt{2}}$$

کارآیی تقویت‌کننده را با اندازه‌گیری توان DC گرفته شده بوسیلهٔ آن از منبع تغذیه می‌توان چک کرد :

$$\text{D.C. توان} = V_{dc} I_{dc}$$

and

$$\text{کارآیی توان} = \frac{\text{r.m.s. توان خروجی}}{\text{d.c. توان ورودی}} \times 100\%$$

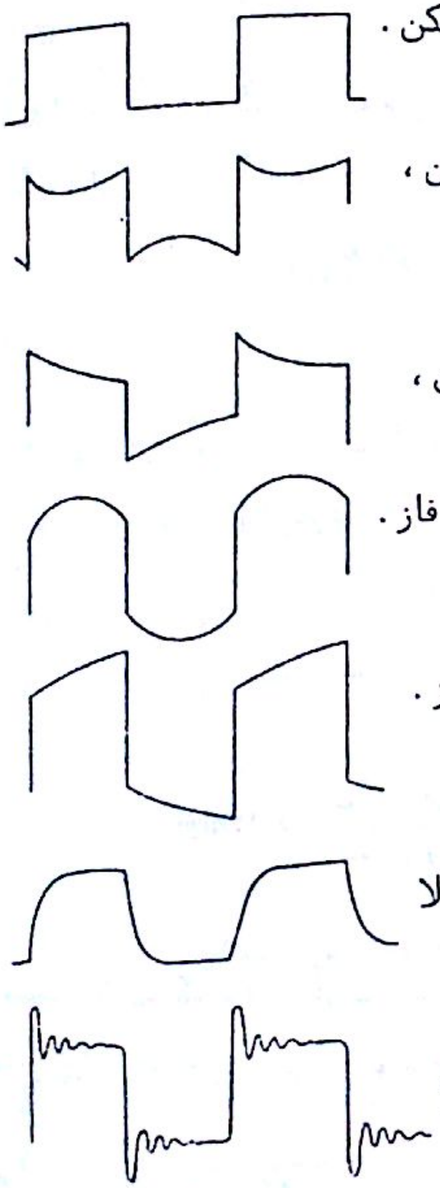
حساسیت تقویت‌کننده عبارت است از مقدار ولتاژ لازم در ورودی است که ماگزیمم توان خروجی بدون اعوجاج را تولید کند .

۴-۴- تست پدیدهٔ زودگذر تقویت‌کننده‌ها

تمام تستهایی که قبلاً تشریح شد با استفاده از سیگنال ورودی تک‌فرکانسی انجام می‌گیرد . لیکن با اعمال‌امواج پالسی یا مربعی به تقویت‌کننده

امکان آن هست که اطلاعاتی راجع به پاسخ فرکانسی ، اعوجاج فاز و هرگرایشی به ناپایداری تقویت‌کننده‌ها را بدست آورد .

یک موج مربعی مرکب از یک سری اجزاء موج سینوسی خالص می‌باشد که دارای یک موج اصلی با همان پریود موج مربعی و تمام هارمونیکها فرد



۱ــ سیگنال موج مربعی ورودی و خروجیهای ممکن .

۲ــ نقص تقویت کننده در بهرهٔ فرکانسی پائین ، بدون خطای فاز .

۳ــ نقص تقویت‌کننده در بهرهٔ فرکانسی پائین ، با خطای فاز .

۴ــ تقویت‌کننده با بهرهٔ اضافی بدون خطای فاز .

۵ــ تقویت کننده با بهرهٔ اضافی با خطای فاز .

۶ــ تقویت‌کننده با پاسخ ضعیف در فرکانس بالا و خطای فاز .

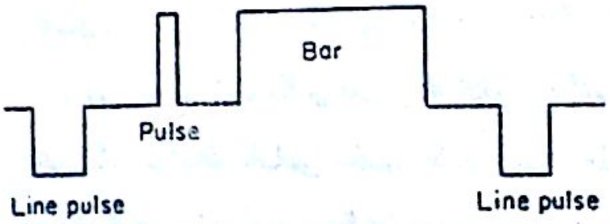
۷ــ تقویت کننده با بهرهٔ اضافی فرکانس بالا

شکل (۴ــ۱۳) ــ تست تقویت کننده با موج مربعی .

می‌باشد . بنابراین با اعمال یک موج مربعی یا پالس به یک تقویت کننده اگر خروجی بخواهد نسخهٔ کاملی از ورودی باشد می‌باید تعداد زیادی از سیگنالها در فرکانسهای مختلف به یک نسبت و بدون تغییرفاز تقویت شوند .

برای تست تقویت‌کننده‌های فرکانس کم یک موج مربعی با فرکانس ۴۰ هرتز تا یک‌کیلو هرتز مناسب بوده و موج خروجی را نیز می‌توان با یک اسکوپ مشاهده کرد .

انحراف سیگنال خروجی از شکل مربعی نشانهٔ خوبی از اعوجاج گذرا در تقویت‌کننده می‌باشد . شرایط مختلف از حالت فوق در شکل (۴-۱۳) نشان داده شده است .





۱ـ فقدان بهرهٔ فرکانس بالا .



۲ـ بهرهٔ اضافی فرکانس بالا .



۳ـ پاسخ ضعیف فرکانس پائین .

شکل (۴-۱۴) ـ تست نمودن تقویت‌کننده‌های ویدئو با پالس و بار .

ویدئو و تقویت‌کننده‌های باند وسیع را نیز با روش فوق می‌توان بطور مفید تست کرده، اما یک فرم خاصی از سیگنال که پالس یا Bar نامیده می‌شود استفاده گردد. این حالت با تمام خروجیهای ممکن در شکل (۴–۱۴) نشان داده شده است.

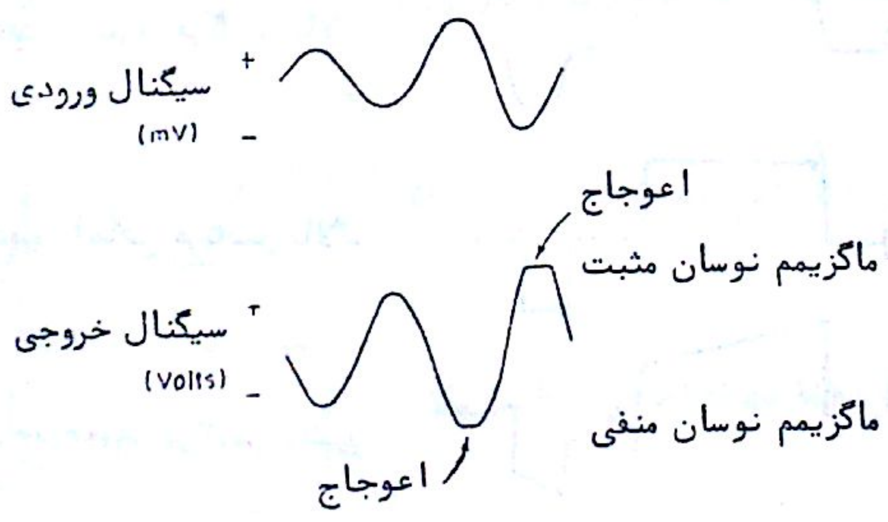
۴–۵– اندازه‌گیری اعوجاج

انواع گوناگون اعوجاج می‌تواند بر روی شکل سیگنال خروجی یک تقویت‌کننده اثر کند.

اعوجاج دامنه:

سیگنال خروجی در یک یا هردو پیک خود صاف می‌شود، مانند شکل (۴–۱۵).

این نوع اعوجاج‌وقتی که تقویت‌کننده با سیگنال ورودی خیلی زیاد یا وقتی که شرایط بایاس تغییر کند، یا بعلت غیرخطی بودن اندکی درمنحنی خصوصیات ترانزیستور یا لامپ بوجود می‌آید.



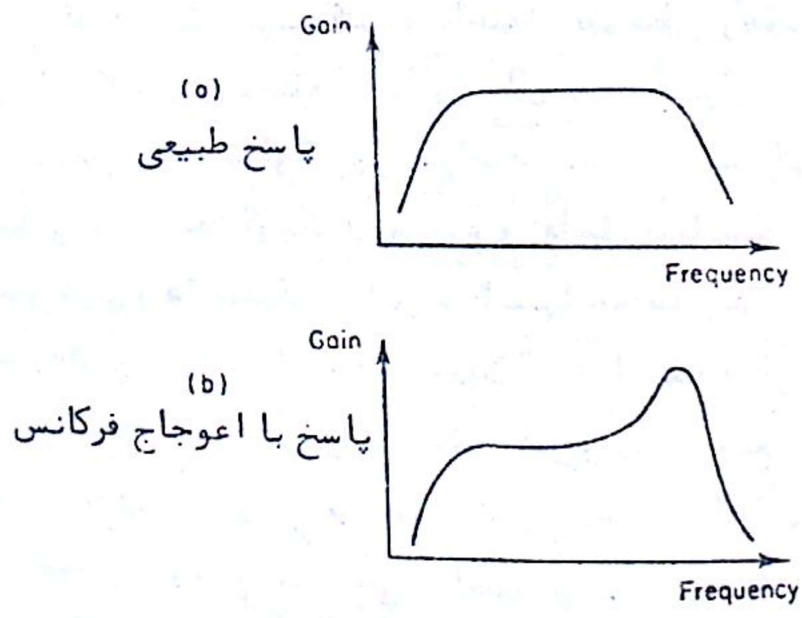
شکل (۴–۱۵) – اعوجاج دامنه حاصل از یک تقویت‌کننده با بار.

اعوجاج فرکانسی :

این حالت وقتی که بهرهٔ تقویت‌کننده بطور موثری با فرکانس در طول باند آن تغییرکند نتیجه می‌شود . فرضا" تصور کنید یک تقویت‌کننده دارای پاسخ فرکانسی که در شکل (۴–۱۶) نشان داده شده است باشد ، که بطور معقول درطول باندصاف است ، اما پاسخ فرکانس واقعی شبیه‌شکل (۴–۱۶) B باشد که دراین صورت گفته می‌شود تقویت‌کننده اعوجاج فرکانس دارد . این حالت می‌تواند به شکل کاهش بهره در فرکانسهای کم یا زیاد و یا افزایش بهره در فرکانسهای کم یا زیاد باشد .

اعوجاج فاز :

اگر فرکانس سیگنالی افزایش یافته باشد . بنابراین فاز سیگنال خروجی نسبت به ورودی تغییر خواهد کرد . این نوع اعوجاج وقتی که سیگنال ورودی دارای فرم موج پیچیده متشکل از اجزاء سینوسی با فرکانسهای مختلف باشد باعث مشکلات زیادی می‌شود . اگر تمام اجزاء سینوسی تغییر فازهای متفاوت در تقویت‌کننده بدهند شکل موج حاصلهٔ خروجی شبیه ورودی نخواهد شد .



شکل(۴–۱۶)–اعوجاج فرکانس .

اعوجاج Cross-Over

این نوع اعوجاج در طبقات خروجی پوش‌پول کلاس بوجود می‌آید. برای مثال در طبقه خروجی یک ترانزیستور Complementary

اگر اندکی بایاس مستقیم اعمال شده باشد، ترانزیستورها تا زمانی که سیگنال ورودی به بیس آنها از حد ۵۰۰ میلی‌ولت تجاوز نکند هدایت نخواهند کرد (این حالت برای ترانزیستور نوع سیلیکان است) شکل (۴–۱۷) منظور از اجزاء بایاس کننده وغلبه‌کردن بر اعوجاج بوسیلهٔ فراهم کردن یک مقدار خیلی کم بایاس مستقیم است.



شکل (۴–۱۷)–۱ اعوجاج Cross-Over.

اعوجاج مدولاسیون میانی:

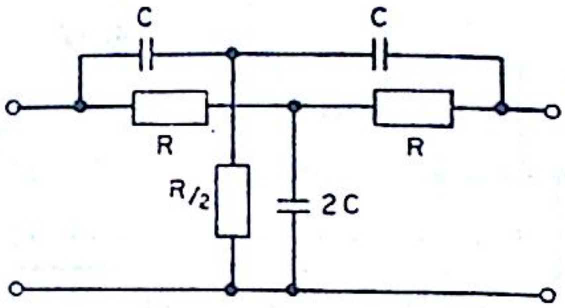
وقتی که در یک تقویت‌کننده ناحیهٔ غیرخطی وجود داشته باشد، دو سیگنال با فرکانسهای مختلف (برای مثال ۴۰۰ هرتز و یک کیلو هرتز) علاوه بر تقویت‌شدن باهم مخلوط نیز خواهند شد. و بنابراین خروجی شامل سیگنالهایی با دامنهٔ کوچک از مجموع و تفاضل فرکانسها یعنی در ۶۰ هرتز و ۱/۶ کیلو هرتز و هارمونیکهای این فرکانسها خواهد شد.

اندازه‌گیری سطوح اعوجاج معمولا" با استفاده از اندازه‌گیر اعوجاج صورت می‌گیرد، که توان را درتمام هارمونیکها جمع می‌کند و نتیجه را بصورت درصدی از خروجی می‌دهد. این نتیجه مقدار اعوجاج تمام هامونیکها که از دامنه و اعوجاج غیرخطی حاصل می‌شود را بیان می‌کند، اما شامل اعوجاج فرکانسی، فاز یا مدولاسیون میانی نمی‌باشد. فرکانس یک کیلوهرتز

بطور معمول برای این اندازه‌گیری استفاده می‌شود .

اعوجاج کل هارمونیکها را می‌توان با عبوردادن سیگنال ولتاژ خروجی از میان یک فیلتر (صافی) که فرکانس مورد اندازه‌گیری (یک کیلوهرتز) را تضعیف و تمام هارمونیکها را عبور می‌دهد اندازه‌گرفت .

یک مدار خوب برای این اندازه‌گیری فیلتر نوع Twin-Tee می‌باشد . زیرا این فیلتر حداکثر تضعیف را در یک فرکانس دارد . که در شکل (۴-۱۸) نشان داده شده است .



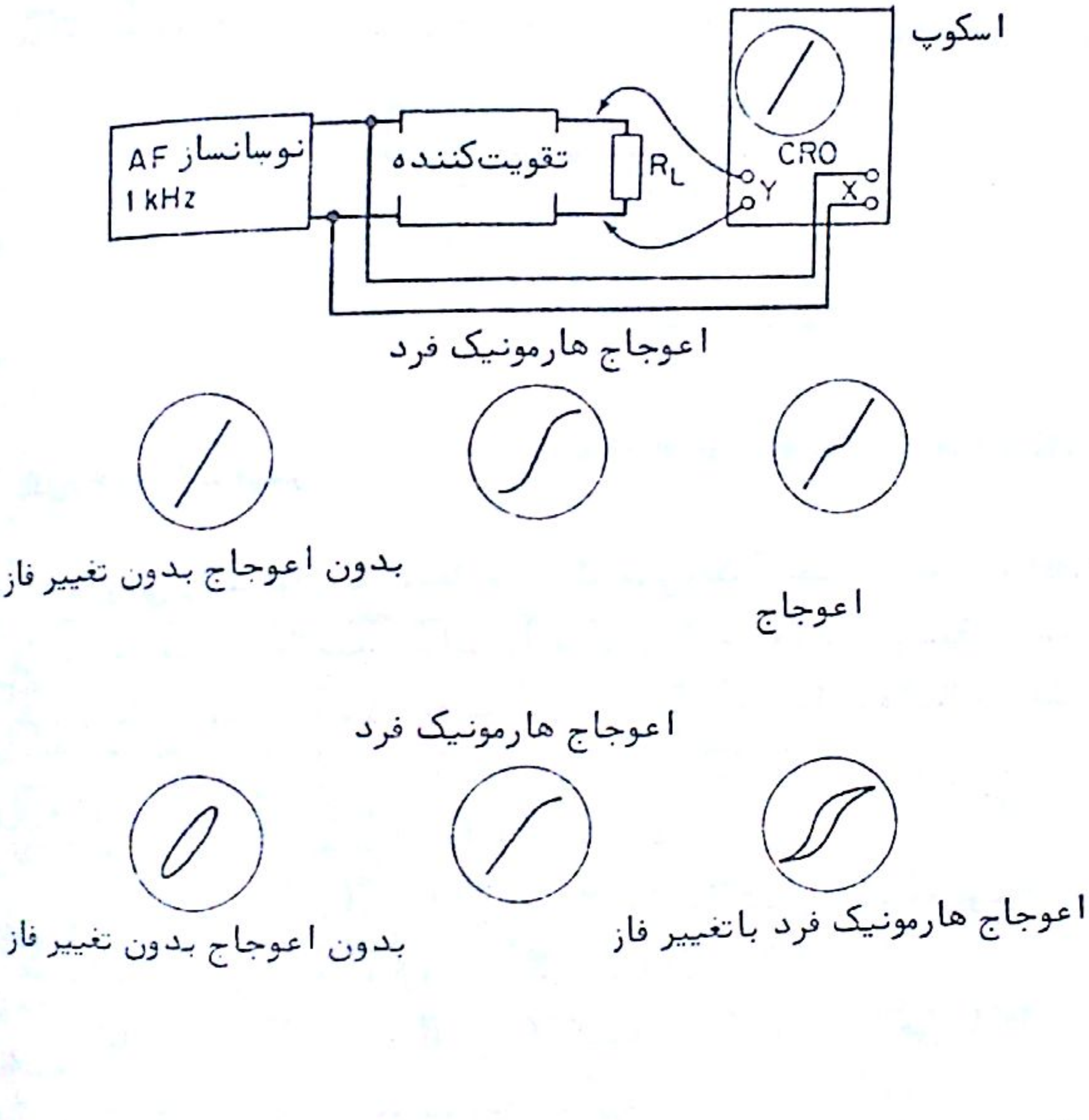
شکل (۱۸-۴) – فیلتر

خروجی را می‌توان با استفاده از یک میلی‌ولتمتر حساس، مقدار r.m.s را اندازه‌گرفت . مدولاسیون میانی را می‌توان با تغذیه‌کردن دو سیگنال ۴۰۰ هرتز و یک کیلوهرتز معمولاً" به نسبت حدود $\frac{۱}{۴}$ تقویت‌کننده اندازه گرفت . سپس با استفاده از یک فیلتر در یک کیلوهرتز حاصل هر مدولاسیون میانی با روش‌قبلی که بیان گردید نشان داده خواهد شد .

روشی که می‌توان برای نمایش اعوجاج دامنه ، تغییر فاز و هارمونیک یک تقویت‌کننده صوتی استفاده کرد در شکل (۴-۱۹) آمده است .

سیگنال ژنراتور را در فرکانس یک کیلوهرتز تنظیم و خروجی با دامنهٔ کم و مناسب به ورودی تقویت‌کننده و ورودی X اسکوپ داده می‌شود . خروجی تقویت‌کننده به ورودی Y اسکوپ وصل می‌شود .

اگر خروجی تقویت‌کننده بدون اعوجاج باشد. Trace اسکوپ بصورت خط راست با زاویهٔ ۴۵ درجه خواهد شد. طبیعتا" یک اسکوپ با کیفیت زیاد می‌باید برای این کار استفاده شود، زیرا هرگونه غیرخطی بودن در تقویت‌کننده‌ها X و Y اسکوپ نیز نمایش داده خواهد شد. خروجیهای گوناگون برای انواع مختلف اعوجاج در شکل (۴-۱۹) نشان داده شده است.



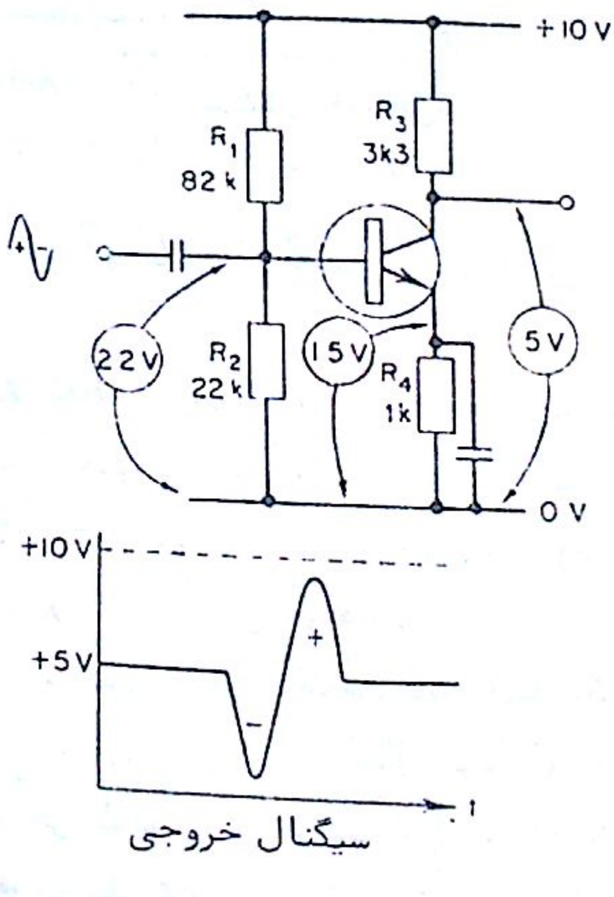
شکل (۴-۱۹) - روش نمایش اعوجاج با استفاده از یک اسکوپ بدون تغییرفاز.

۴-۶- عیبهای تقویت‌کننده‌ها

تحلیل جزء به جزء تمام عیبهای ممکن در انواع مدارات تقویت‌کننده‌ها که امکان دارد بوجود آید ممکن نیست. در عوض مطالب مطرح شده یک راهنمای کلی برای تعیین محل عیب می‌باشد. قبل از ملاحظهٔ بعضی عیبهای تمرینی می‌باید توجه داشت که علاوه بر سطوح بایاس DC سیگنال خروجی خودش اغلب یک راهنمای باارزشی در تعیین نوع عیب می‌باشد.

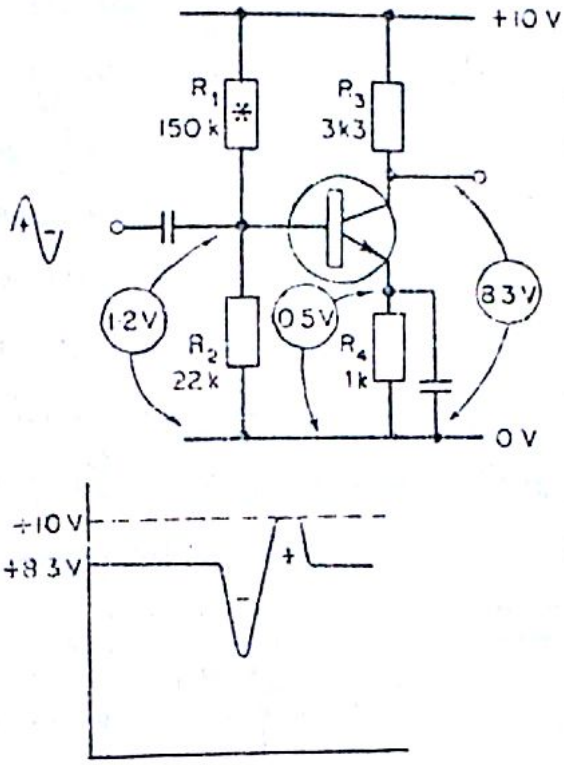
در قسمت قبلی انواع اعوجاج که می‌توانست بوجود آید تشریح گردید. اکنون یک مثال ساده از چگونگی تغییر قطعات بایاس که می‌تواند باعث مقادیر زیاد دامنهٔ اعوجاج شود ملاحظه می‌نمائید.

(a) طبیعی



سیگنال خروجی

شرایط عیب ازدیاد R_1 تا 150 K (b)



سیگنال خروجی

شکل (۴ـ۲۰) ـ نتیجه اعوجاج حاصل از تغییر شرایط بایاس .

در شکل (۴ـ۲۰) A نقطه کار درکلکتور حدود ۵+ ولت است و این اجازه نوسانی مساوی با سیگنال خروجی در قسمت منفی و مثبت را می‌دهد . اگر مقدار اهمی مقاومت R_1 از ۸۲ کیلو اهم بعنوان مثال به ۱۵۰ کیلواهم افزایش یابد نقطه کار تقریبا" به ۸ ولت افزایش خواهد یافت .

برای عیب‌یابی در سیستمهای تقویت‌کننده بهتر است یک روش استاندارد را دنبال نموده و یک سیگنال به ورودی اعمال کرد ، و با استفاده از یک اندازه‌گیر AC یا اسکوپ هر طبقه را به ترتیب چک نموده تا اینکه به طبقهٔ معیوب رسید . سپس سطوح ولتاژ DC را در این طبقه اندازه گرفت .

تقویت‌کننده‌های سیگنال کوچک :

نوع عیب	علائم
قطع بودن المان بایاس یا زیاد بودن مقدار مقاومتها .	تغییر زیاد در نقطهٔ کار حاصل شده که معمولاً ترانزیستورها را به منطقهٔ خاموش می برد .که‌درنتیجه خروجی بطورفاحشی خراب‌شده یاکاملاً ازبین‌می‌رود.
اتصال کوتاه کردن خازنهای کوپلاژ یا خازنهای جداکننده (دی کوپلاژ) .	یک تغییر زیاد در نقطه کاربوجودمی‌آید که معمولاً ترانزیستور بیشتر مجبور می‌شود که به ناحیهٔ هدایت برود . و خروجی بطور فاحشی اعوجاج پیدامی‌کند .
قطع خازنهای کوپلاژ .	عدم عبور سیگنال از طبقه‌ای به طبقه دیگر . عادی بودن تمام بایاسهای DC . نبودن سیگنال خروجی .
قطع خازنهای جداکننده سیگنال .	کاهش بهره بخاطر بوجود آمدن فیدبک منفی‌سری .
قطع خازنهای‌جداکنندهٔ خط‌توان (خط‌تغذیه) .	افزایش سطح هوم (100 HZ) در خروجی . تقویت کننده اولین طبقه تقویت‌کننده اولیه ، بطور عادی از خط‌جدا شده تغذیه شده است .
قطع مسیر فیدبک .	بهره زیاد با ناپایداری و نوسان احتمالی .

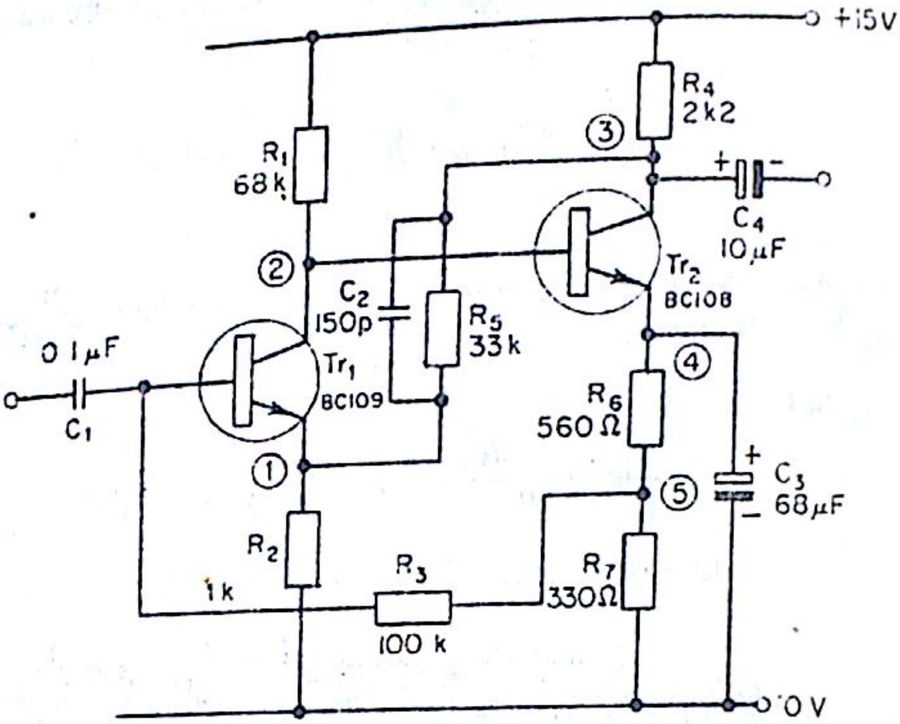
ترانزیستوریامقاومت با نویز در ورودی .	کم بودن نسبت سیگنال به نویز (ابتدا طبقات اول را همیشه چک کنید) .
تغییرمقدار خازنهای جداکننده و کوپلاژ به مقدار کم .	کاهش پهنای باند .کم شدن پاسخ فرکانسی فرکانسهای پائین .

تقویت‌کننده‌های قدرت :

عیب	علائم
قطع مقاومتهای بایاس یا زیاد بودن مقدارآنها.	برای تقویت‌کننده کلاس B که استفاده آن معمول است اعوجاج Cross-Over به مقدار زیاد بوجودمی‌آید .
اتصال کردن خازن خروجی .	سوختن فیوزهای خروجی یا زیاد گرم کردن ترانزیستورها ، قطعه‌معیوب رابااهم‌چک‌پیدانمائید .
تنظیم‌نبودن‌پتانسیومتر بایاس .	اعوجاج Cross-Over افزایش می‌یابد و یا اینکه ترانزیستورهای خروجی‌زیاد گرم می‌شوند .

جدول (۴-۲) لیست انواع عیبهای با علائم آن .

۴-۷- تمرین : تقویت‌کننده اولیه (Pre- Amp) دوطبقه‌شکل (۴-۲۱)



شکل (۴-۲۱) - دو طبقه پری تقویت‌کننده .

مشخصات : بهره‌ٔ ولتاژ : 34

امپدانس ورودی : 100 KΩ

امپدانس خروجی : 500 Ω

پاسخ فرکانس: 20 HZ to 30 KHZ

حساسیت برای یک ولتr.m.s خروجی : 30 mV r.m.s

این مدار با مسیر فیدبک منفی برای پایدار کردن بهره AC و نقطهٔ کار DCاستفاده شده ونمونه طرحی است که در جدول (۴-۲) بحث شد .

ترانزیستور با بهرهٔ زیاد و نویز کم با Tr_1 مشخص شده و چون از فیدبک منفی سری استفاده شده لذا امپدانس داخلی تقریبا" برابر R_3 (100 K) است . بهرهٔ AC مدار بوسیلهٔ مسیرفیدبک منفی که از کلکتور Tr_1 ومقاومت

به امیتر Tr_1 و R_2 ختم می‌شود مشخص می‌گردد. چون R_5 و R_2 یک تقسیم‌کننده ساده ولتاژ هستند بنابراین :

$$\beta = \frac{R_2}{R_2 + R_5}$$

اکنون اگر بهره مسیر A_o خیلی بیشتر از یک باشد بهره با فیدبک برابر می‌شود با :

$$A_C \doteq \frac{1}{\beta} = \frac{R_2 + R_5}{R_2} = 34$$

(در مدار فوق A_o خیلی بیشتر ازیک است) .

وقتی که این‌مدار را بسازید بسادگی با یک اندازه‌گیری می‌توانیدثابت کنید که بهرهٔ آن برابر ۳۴ است . و بهرهٔ مسیر قطع را می‌توان با جایگزین کردن مقاومت R_2 با یک خازن ظرفیت بالا اندازه گرفت که این عمل سیگنال فیدبک را صفر می‌کند .

چون در مدار از کوپلاژ مستقیم استفاده شده لذا حساب کردن ولتاژهای بایاس DC نسبتا" مشکل است . در طراحی این چنین مداری ابتدا می‌باید نقطهٔ کار لازم در کلکتور Tr_2 را جهت خروجی بدون اعوجاج حساب کرد . که حدود نصف ولتاژ منبع تغذیه می‌باشد . یعنی ۷/۵ ولت . اگر فرض کنیم که مقاومت R_4 برابر 2/2 K و R_5 برابر 33 K و R_2 برابر 1 K است تابتوان بهرهٔ ولتاژ لازمه را بدهد .

درنتیجه مقدار قطعات دیگر را می‌توان به طریق زیر محاسبه نمود .

الف ـ

(a) جریان داخلی R_4 $= \frac{V_{CC} - V_{C2}}{R_4} = \frac{7.5}{2\ k2\Omega} = 3.4\ mA$

ب ـ جریان داخلی $R_5 = \frac{V_{C2}}{R_2 + R_5} = \frac{7.5}{34\ k\Omega} = 0.22\ mA$

جریان داخلی کلکتور Tr_2 $= 3.4 - 0.22 = 3.18\ mA$

ج ـ فرض می‌کنیم که جریان Tr_1 کم (حدود $100\ \mu A$) . لذا ولتاژ امیتر در Tr_1 برابر می‌شود با :

$$V_E = R_2\,(I_E + I_{R_5})$$
$$= 1\ k\Omega\ (0.1 + 0.22)mA = 320\ mV$$

د ـ و اگر برای سادگی ، فرض کنیم که از جریان بیس Tr_1 می‌توان صرفنظر کرد ، درنتیجه ولتاژ در نقطه اتصال بین R_5 و R_6 نیز برابر یک ولت‌می‌شود .

اکنون مقدار R_7 برابر می‌شود با : Voltage at Tr_1 base $= V_E + V_{BE} \doteq 1\ V$

$$R_7 = \frac{V_{R_7}}{I_{E2}} = \frac{1}{3.18}\,k\Omega = 314\ \Omega$$

(330 n.p.v.)

هـ ـ با درنظر گرفتن $560\ \Omega$ برای R_6 ولتاژ امیتر Tr_2 حدود ۲/۸ ولت ، خواهد شد :

$$V_{E2} = (R_6 + R_7)\ I_{E2}$$

و ولتاژ بیس Tr_2 برابر است با :

$$V_{E2} + V_{BE} = 2.8 + 0.7 = +3.5\ V = V_{C2}$$

این ولتاژ کلکتور Tr_2 می‌باشد که می‌باید اجازه نوسان ولتاژ لازم درآن نقطه را بدهد .

و ـ مدار طوری طرح شده که مقدار IC_1 برابر 100 μA بشود ، اما علاوه براین جریان که از R_1 می‌گذرد جریان بیس را نیز بوجود می‌آورد که از آن عبور می‌نماید :

پس :

$$I_{B2} = \frac{I_{C2}}{h_{FE(\min)}} = \frac{3.18\ \text{mA}}{60} = 53\ \mu\text{A}$$

بنابراین :

$$R_1 = \frac{V_{CC} - V_{C2}}{I_{C1} + I_{B2}} = \frac{15 - 3.5}{153\ \mu\text{A}} = \frac{11.5}{0.153} = 75\ \text{k}\Omega$$

مقدار 68 kΩ برای انتصاب شده است .

سطوح ولتاژ DC برای نقاط مختلف تست ، در جدول زیر اندازه‌گیری و محاسبه شده درج گردیده است . و از یک اندازه‌گیر 20 kΩ/V استفاده شده است .

نقاط آزمایش	5	4	3	2	1
مقدار محاسبه شده	1	2.8	7.5	3.5	0.32
ولتاژ بدست آمده	1.06	2.8	7.5	3.4	0.39

فهمیدن اینکه نقطهٔ کار DC بوسیلهٔ هردو مسیر فیدبک پایدار شده و هر گرایشی در تغییر نقطه کار بوسیله فیدبک DC زیاد یا کم خنثی می‌شود مهم است .

خازن C_2 برای محدود کردن بهرهٔ فرکانسهای بالا درنظر گرفته شده است ، زیرا در فرکانسهای بالاتر از 30 KHZ راکتانس آن کمتر از R_5 بوده و بنابراین مقدار سیگنال فیدبک افزایش یافته و درنتیجه بهرهٔ کل راکاهش می‌دهد .

اکنون اثر خرابی بعضی از قطعات را در کار این مدار بررسی می‌کنیم .

فرض کنید که مسیر فیدبک DC از طریق R_3 مدار قطع شود . با قطع R_3 هیچ جریان بایاسی از داخل Tr_1 نمی‌تواند عبور کند . بنابراین Tr_1 خاموش می‌شود . معمولاً " با خاموش شدن ترانزیستور انتظار می‌رود که ولتاژ کلکتور آن برابر ولتاژ منبع تغذیه بشود اما در مدارهای کوپلاژ مستقیم این امکان ندارد . در این حالت مقاومت R_1 جریان بایاس Tr_2 را تغذیه می‌کند چون Tr_1 خاموش است . بایاس Tr_2 افزایش می‌یابد و ولتاژ کلکتور آن پائین می‌آید و ولتاژ امیترش بالا می‌رود . مقادیر اصلی بدست آمده درحالیکه R_3 قطع است در جدول زیر درج شده است :

نقاط آزمایش	5	4	3	2	1
ولتاژ بدست آمده	1.6	4.25	4.3	5	0.15

جالب توجه است که اگر بیس ــ امیتر Tr_2 اتصال کوتاه شود یا اگر کلکتور آن قطع گردد مقادیر بدست آمده‌ٔ فوق نتیجه می‌شود . درستی مطالب فوق را برای خود آزمایش کنید .

حال اثر اتصال کوتاه (شورتی) بیس ــ امیتر ترانزیستور Tr_2 را بررسی می‌کنیم . مقدار ولتاژ بدست‌آمده در نقاط آزمایشی ۲ و ۴ بطور وضوح یکسان خواهد شد و انتظار می‌رود که مقدار ولتاژ در نقطه‌ٔ آزمایشی ۳ نیز افزایش یابد . زیرا Tr_2 بمدت زیادی بعنوان ترانزیستور نمی‌تواند عمل نماید و بنابراین جریان کلکتور متوقف می‌شود .

چون مقدار R_1 در مقایسه با R_6 و R_7 خیلی بزرگ است ، ولتاژ نقاط ۲ و ۴ کم خواهد شد . اکنون به سادگی می‌توان مقادیر نقاط آزمایش را حساب کرد چون که R_1 ، R_6 و R_7 تشکیل یک تقسیم‌کننده ولتاژ را خواهند داد .

با اتصال کوتاه کردن Tr_2 ولتاژ نقطه‌ٔ ۴ و ۲ بشرح زیر محاسبه می‌شود :

$$V_4 = \frac{15 \times (R_6 + R_7)}{R_1 + R_6 + R_7} = \frac{15 \times 0{\cdot}89\ k\Omega}{68{\cdot}89\ k\Omega} = 194\ mV$$

پس ولتاژ نقطهٔ ۵ حدود ۷۰ میلی‌ولت خواهد شد .

چون Tr_2 جریان کلکتور را عبور نمی‌دهد ولتاژ نقاط ۳ و ۱ نیز بوسیله تقسیم‌کننده ولتاژی که توسط R_4 R_5 و R_2 تشکیل می‌شود مشخص خواهد شد .

سعی نمائید مقادیر فوق را قبل از اندازه‌گیری و نگاه کردن به جدول زیر که در دسترس دارید محاسبه کنید .

پس مقادیر اصلی ولتاژ بدست آمده درحالت شورت بیس ـ امیتر Tr_2:

نقاط آزمایش	5	4	3	2	1
ولتاژ بدست آمده	0·08	0·2	24	0·2	0·4

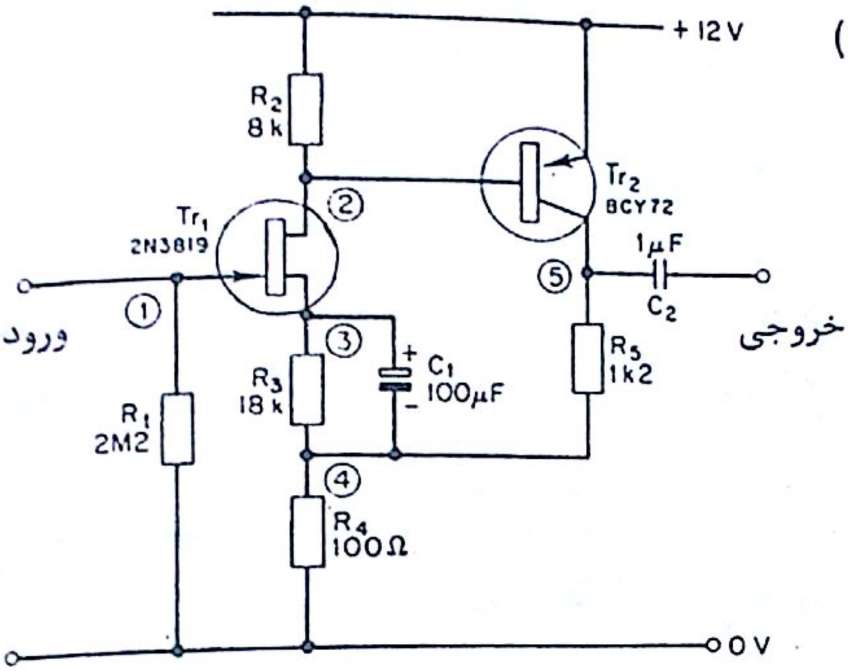
سوالات :

تمام مقادیر اندازه‌گیری شده درتمرین فوق با استفاده از مولتی‌متر 20 KΩ/V انجام گرفته است . اگر خروجی بوسیلهٔ یک اسکوپ بـــا ورودی 30 mV r.m.s در فرکانس یک کیلوهرتز مشاهده شده باشد بیان کنید که کدام قطعه یا قطعات می‌تواند نشانه‌های عیب را سبب شده باشد و جزئیات نوع قطعهٔ معیوب را مشخص کنید .

عیب	1	2	3	4	5	سیگنال خروجی
A	0	0·75	0·1	0	0	خروجی صفر
B	0·2	2·5	9·2	2·3	0·9	خروجی ۱۲ ولت پیک‌توپیک با اعوجاج زیاد
C	0·6	0·6	14	0·06	0·02	سیگنال خروجی صفر
D	2·7	3·3	2·7	2·65	1	سیگنال خروجی صفر
E	0·15	0·8	14	0·2	0·08	سیگنال خروجی صفر
F	0·39	3·4	7·5	2·8	1·06	کاهش زیاد دامنه سیگنال خروجی
G	0·42	0	14	0	0	سیگنال خروجی صفر

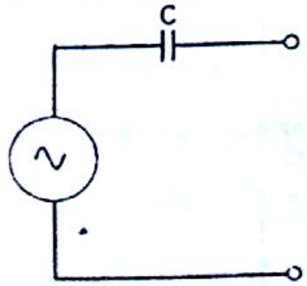
۴-۸- تمرین - تقویت‌کنندهٔ پری (Pre Amplifire) با ورودی FET

شکل (۴-۲۲)



شکل (۴-۲۲) - تقویت کننده اولیه (پری) با ورودی FET.

یکی از خصوصیات مهم ترانزیستورهای FET دارابودن امپدانس خیلی زیاد در حالت کار نرمال می‌باشد. که این خاصیت آنها را وسیلهٔ خوبی برای تقویت سیگنال مبدلها نظیر کریستال Ceramic pick-Up, Piezo Electric-می‌نماید زیرا هردو آنها می‌باید با مقاومت زیاد ورودی کار کنند. کریستال Pick-Up را می‌توان برای سادگی شبیه یک ژنراتور ولتاژ کوچک، سری با یک خازن ظرفیت کم فرض نمود شکل (۴-۲۳) وقتی که نیروی مکانیکی به کریستال اعمال می‌شود ولتاژی در دو سر آن بوجود می‌آید.



شکل (۴-۲۳) - مدار معادل کریستال پیک‌آپ (Pick-Up).

در قسمت فرکانسهای کم انتهای طیف صدا ، خازنهای سری دارای راکتانس ($X_c = 1/2\pi f_c$) زیاد بوده بنابراین اگر مقاومت ورودی تقویت‌کننده اولیه زیاد نباشد فرکانسهای کم تضعیف خواهند شد و پاسخ فرکانس بم از بین می‌رود .

یکی از مزیتهای دیگر FET استفادهٔ آن در طبقه ورودی می‌باشد . زیرا مقدار نویزی که تولید می‌کند کمتر از ترانزیستور Bipolar است .

FET ها تنها از یک نوع حامل بار استفاده می‌کنند و همین منجر به نویز الکتریکی کمتر می‌شود . در سیستمهای تقویت‌کننده معمولا " وسیله‌ای با نویز کم در طبقهٔ ورودی لازم است زیرا آن جائی است که نویز تولید شده داخل تقویت کننده ، بیشترین تقویت را دریافت می‌کند . عامل نویز یک وسیلهٔ سنجش مستقیمی است که مشخص می‌کند چقدر نویز به سیگنال ورودی اضافه شده است برای مثال فرض کنید که سیگنال ورودی اضافه شده است . برای مثال فرض کنید که سیگنال ورودی یک تقویت‌کننده دارای نسبت نویز سیگنال ۴۰ دسی‌بل (نسبت ولتاژ $\frac{۱}{۱۰۰}$) باشد . سپس اگر عامل نویز تقویت‌کننده ۴ دسی‌بل باشد . درنتیجه نسبت سیگنال به نویز خروجی تقویت‌کننده ۳۶ دسی‌بل خواهد شد . عامل نویز برای FET ها می‌تواند به مقدار ۲ دسی‌بل نیز باشد .

مشخصات تقویت‌کنندهٔ پری بشرح زیر می‌باشد :

بهره ولتاژ : ۱۲

امپدانس ورودی : ۲ مگااهم در فرکانسهای صوتی

امپدانس خروجی : ۱۳۰۰ اهم

پاسخ فرکانس : 20HZ تا 30KHZ

سیگنال خروجی : ۱ ولت r.m.s

چون ولتاژ ورودی معمولا " 100mV یا درهمین حدود می‌باشد لذا بهرهٔ ولتاژ کم استفاده شده است . یک FET نوع N(2N3819) بعنوا

تقویت‌کننده Source مشترک در طبقهٔ اول استفاده شده است. و این بطور مستقیم به Tr_2 کوپل شده است تقویت کنندهٔ امیتر مشترک بیشترین بهره را تامین می‌نماید.

FET با سلف ـ بایاس از مسیر R_3 که بطریق زیر کار می‌کند تامین گردیده است. Gate از طریق مقاومت R_1 به ولتاژ صفر وصل شده بنابراین وقتی که توان اعمال می‌شود ولتاژ Gate به Source ابتداء صفر شده واین باعث عبور جریان از Drain می‌شود در نتیجه ولتاژی در دوسر R_3 بوجود می‌آید. ولتاژ Source مثبت شده وافزایش می‌یابد. بنابراین بایاس معکوس Gate به Source را افزایش می‌داده درنتیجه باعث می‌شود که جریان Drain در یک حد معقول باقی بماند.

فیدبک منفی توسط R_5 و R_4 فراهم شده است. در واقع سیگنال فیدبک بطور سری گرفته شده (Sevies Deriued) چون R_4 با مقاومت خروجی R_5 سری است، و همچنین بخاطر سری بودن R_4 با R_3 فیدبک بطور سری اعمال گردیده است.

C_1 یک خازن جداکننده است که جهت تامین مجموع بهرهٔ زیاد مسیر قطع، دررسیدن به آن لازم می‌باشد. مقدار C_1 حد بهرهٔ فرکانس پائین را مشخص می‌نماید.

وقتی که این مدار را بسازید ممکن است ولتاژهای بایاس DC همانندمقادیر جدول زیر نباشند که این بخاطر تفاوت وسیع عملکرد پارامترهای FET ها می‌باشد. آنچه که مهم است نقطهٔ کار کلکتور Tr_2 (نقطهٔ ۵) می‌بایدطوری باشد که اجازه نوسان معقول منفی و مثبت را درخروجی بدهد.

سیگنال خروجی مزبور برای راه‌اندازی یک طبقه خروجی توان متوسط مناسب می‌باشد، و برای اینکار یک کنترل شدت قدرت لازم می‌باشد.

نقاط آزمایش	5	4	3	2	1
ولتاژ بدست آمده	8	0.6	3	11.3	0

سوالات

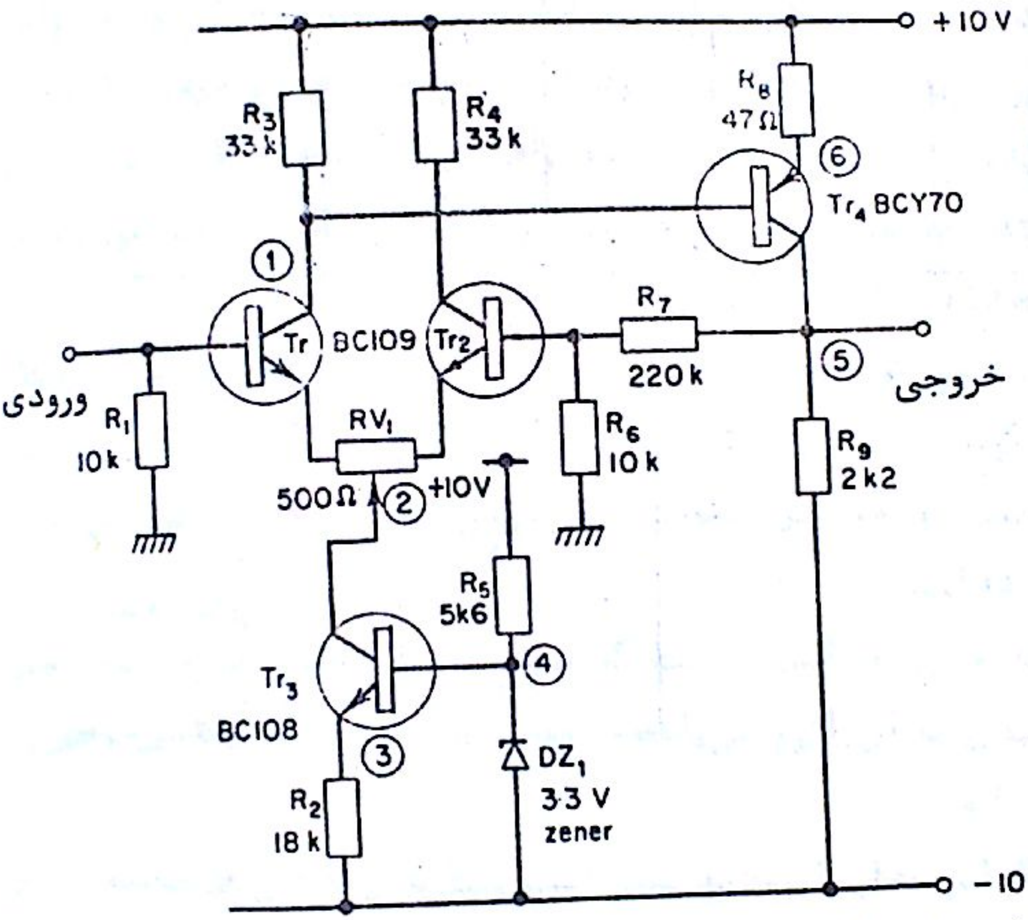
مقادیر خوانده شده تحت شرایط عیب درنظر گرفته شده است . قطعهٔ معیوب و نوع عیب آنرا با دلیل مشخص نمائید .

عیب	1	2	3	4
A	0	11.9	3.3	3.2
B	0	11.2	1.2	1.2
C	0	11.3	3	0.6
D	0	12	0	0
E	0	10.5	3	0

5	خروجی
3.2	صفر
11.9	Zero
8	بهره خیلی کم
0	Zero
0.1	Zero

۴ـ۹ـ تمرین ـ تقویت‌کننده DC شکل (۴ـ۲۴)

تقویت‌کننده‌های DC برای تقویت سیگنالهایی با تغییرات کم‌حاصل از مبدلهـــا ، نظیـر ترموکوپلها (Thermocouples) ، ترمیستـورهـــا (Thermistors) ، (Strain Gauges) ، فتوسلها (Photocell) و غیره استفاده می‌شود .



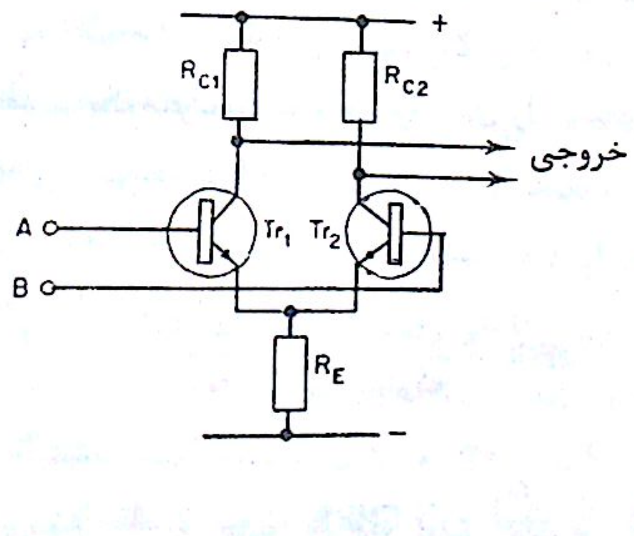
شکل (۴ـ۲۴) ـ تقویت‌کنندهٔ DC

غیر از تقویت سیگنال نباید در خروجی انحراف داشته باشد . انحراف در تقویت‌کننده‌های DC عبارتست از تغییر سیگنال خروجی وقتی که ورودی اتصال کوتاه یا صفر باشد . انحراف بوسیلهٔ چندین عامل بوجود می‌آید . اما مهمترینشان آنهایی هستند که در طبقهٔ ورودی اثر می‌کنند . که شامل تغییرات درجه حرارت و ولتاژ منبع تغذیه می‌باشند . تغییرات ولتاژ منبع

تغذیه را می‌توان با استفاده از توان تثبیت شده به حداقل رساند بنابر این اثر درجه حرارت را بررسی خواهیم نمود.

اثر درجه حرارت به سه طریق عمده درترانزیستورها اثر می‌کند، اولا" درجه حرارت، (بهره‌ٔ جریان). ثانیا" جریان نشتی را تغییر پارامترها را عوض می‌کند، h_{FE} را عوض می‌کند. تغییرات می‌دهد و ثالثا" ولتاژ مستقیم بین امیتر را عوض می‌کند. ناشی از درجه حرارت را می‌توان با استفاده از فیدبک منفی به حداقل رساند. جریانهای نشتی را می‌توان با استفاده از ترانزیستورهای صفحه‌ای نوع سیلیکان در حد پائینی نگهداشت. و بنابراین فقط با علت اصل انحراف که تغییرات V_{BE} در اثر درجه حرارت می‌باشد مواجه هستیم.

در هر ترانزیستور ولتاژ V_{BE} به ازای افزایش یک درجه سانتی‌گراد، 2mV- تغییر می‌کند و این ممکن است خیلی صحیح نباشد، اما تنها یک ترانزیستور با بهرهٔ ۲۵ در بخش ورودی تقویت‌کننده به ازای یک درجه تغییر دما باعث ۵۰ میلی‌ولت انحراف خروجی می‌شود. زیرا تغییر 2mV در ولتاژ V_{BE} بعنوان سیگنال ورودی DC ظاهر می‌شود. به همین دلیل ترانزیستورها تنهایی به ندرت در طبقه ورودی تقویت‌کننده‌های DC بکار می‌رود. مداری که



شکل(۴-۲۵) - تقویت‌کننده اصلی دیفرانسیل.

برای این‌منظور عموما" استفاده می‌شود تقویت‌کننده‌های دیفرانسیل می‌باشند که در شکل (۴–۲۵) نشان داده شده است ، که درآن دو ترانزیستور بصورت بالانس وصل گردیده‌اند .

برای اینگونه مدارها دو نوع ورودی‌می‌توان درنظر گرفت .

۱– ورودی با پلاریته معکوس که ورودیهای حالت دیفرانسیل نامیده می‌شود .

۲– ورودی با پلاریته یکسان که ورودیهای حالت مشترک نامیده می‌شود .

برای‌سیگنالهای ورودی حالت دیفرانسیل سیگنال خروجی زیادی تولید می‌شود . فرض کنید درحالیکه نقطه B بسمت منفی کاهش می‌یابد نقطه A به سمت مثبت افزایش یابد . در این صورت Tr_1 بیشتر از Tr_2 هدایت کرده و سیگنال خروجی زیاد خواهد شد . از طرفی دیگر یک سیگنال حالت مشترک، تغییر جزئی در خروجی بوجود خواهد آورد . زیرا هردو ترانزیستور کم و بیش بطور مساوی هدایت می‌کنند . حال مادامی که هردو ترانزیستور منطبق و شبیه بهم انتخاب شده باشند(ترجیحا" در یک محفظه) می‌توان هر تغییر ناشی از دما در V_{BE} دوترانزیستور را بعنوان‌ورودی حالت مشترک درنظر گرفت ، درنتیجه تغییر جزئی در خروجی صورت می‌گیرد . بنابراین با استفاده از تقویت‌کننده‌های دیفرانسیل انحراف ناشی از دما را می‌توان در مقدار پائین نگهداشت .

سنجش کیفیت یک تقویت‌کننده دیفرانسیل را "نسبت‌قدرت حذف حالت مشترک (CMRR) می‌نامند .

$$\text{CMRR} = \frac{\text{بهرهٔ دیفرانسیل}}{\text{بهرهٔ حالت مشترک}}$$

برای رسیدن به مقادیر بزرگ CMRR لازم است که مقاومت R_E را تاحد امکان زیاد درنظر گرفت . زیرا R_E فیدبک منفی را فراهم می‌کند تا بهره

حالت مشترک را پائین نگه‌دارد. بهمین دلیل جریان اغلب از طریق یک منبع جریان ثابت به تقویت‌کننده دیفرانسیل اعمال می‌شود.

پس R_E برابر مقاومت شیب زیاد خروجی این منبع می‌باشد درمثال (شکل ۴ – ۲۴) Tr_3 بصورت امیتر مشترک وصل شده و جریان ثابتی را اعمال می‌کند.

تقویت‌کنندهٔ DC در این مثال نسبتا" ساده بوده وبنابراین بهترین نتیجه را در رابطه باانحراف و پایداری که باید بدان رسیده شود تامین نمی‌کند. با وجود این اگر دقت کافی در انتخاب ترانزیستورها و ساختمان مدار بشود امکان عمل‌کرد خوب وجود دارد.

مشخصات :	بهرهٔ ولتاژ :	22
	مقاومت ورودی :	10 kΩ
	ولتاژ خروجی :	ماگزیمم ± 5 V
	انحراف دما :	±3 mV در یک درجه سانتیگراد
	پایداری :	±10 mV درساعت

Tr_1 و Tr_2 تشکیل تقویت‌کننده دیفرانسیل را می‌دهند، و این ترانزیستورها می‌باید دقیقا" در رابطه با بهرهٔ جریان منطبق شده و نزدیک همدیگر نصب گردنند. این کار بهترین عملکرد انحراف را بدست خواهد آورد. همچنین عاقلانه می‌باشد که مدار را بوسیله ساختن یک محفظهٔ کوچک از جریانهای هوا محفوظ کرد. وقتی که مدار را تست می‌کنید می‌توانید با دمیدن روی یکی از ترانزیستورها اثر دما را در تغییر زیاد خروجی DC مشاهد نمایید. جریان ثابتی حدود ۳۳۰ میکروآمپر از Tr_3 تامین و این جریان بوسیلهٔ دیود زینر و R_2 تعیین می‌گردد.

خروجی از کلکتور Tr_1 به تقویت‌کننده امیتر مشترک Tr_4 وصل شده است. بهرهٔ مدار بوسیلهٔ مسیر فیدبک منفی که از کلکتور Tr_4 و از طریق R_7 به بیس Tr_2 وصل شده پایدار شده است. پتانسیومتر RV_1 در

تقویت‌کننده دیفرانسیل جهت Offset کردن هرگونه اختلاف ولتاژ بین بیس ترانزیستورهای Tr_1 و Tr_2 وقتی که ورودی صفر باشد استفاده گردیده است. تحت این شرایط می‌باید آن را برای خروجی صفر ولت تنظیم کرد.

انحراف و پایداری تقویت‌کننده بوسیلهٔ جدول ثبت‌کننده به بهترین نحو چک می‌شود. بهرهٔ ولتاژ را می‌توان بوسیلهٔ اعمال سیگنالهای DC حاصل از یک منبع میلی‌ولت پایدار اندازه‌گرفت. در عمل یک سیگنال (DC) کم‌مثبت در ورودی سبب هدایت خیلی بیشتر Tr_1 از Tr_2 می‌شود. بنابراین ولتاژ کلکتور Tr_1 افت خواهد کرد وباعث هدایت بیشتر Tr_4 می‌شود. ولتاژ خروجی افزایش یافته، وقسمتی از این ولتاژ به بیس Tr_2 برگشت داده می‌شود که با ورودی مخالفت می‌کند، برای تغییر دادن بهره می‌توان نسبت R_7 و R_6 را تغییر داد.

ولتاژهای نقاط آزمایش با استفاده از یک دستگاه اندازه‌گیری وقتی که مدار بطور عادی با ورودی صفر کار می‌کند. اندازه گرفته شده‌است.

نقاط آزمایش	5	4	3	2	1
ولتاژ بدست آمده	0	−7.4	−8	−0.6	+9.5

سوالات :

۲ــ برای عیبهای زیر علائم بدست آمده را بنویسید؟

الف ــ قطع شدن بیس ــ امیتر Tr_2

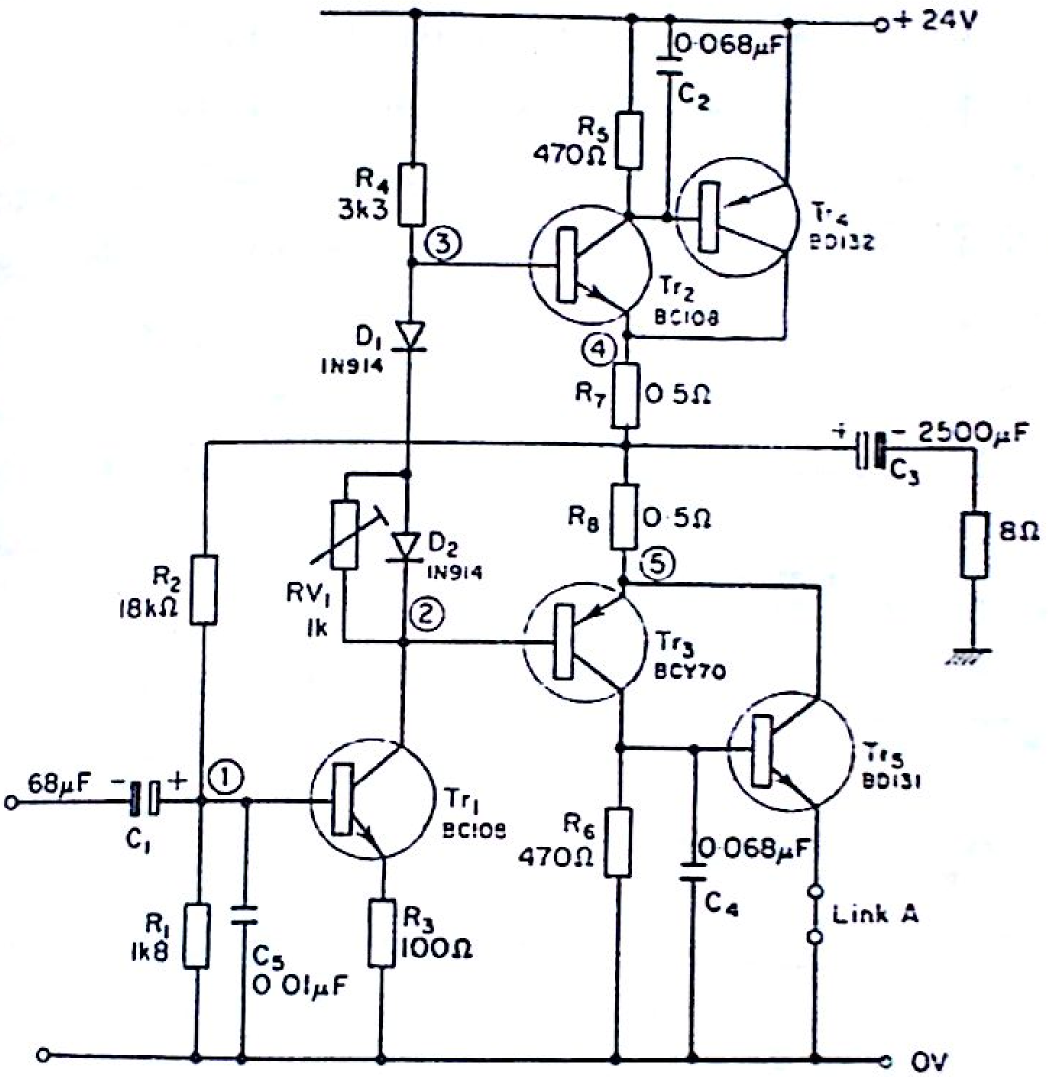
ب ــ زیاد بودن مقدار R_5

ج ــ اتصال کوتاه کردن بیس ــ امیتر Tr_3

۱ــ در مقادیر خوانده شدهٔ زیر که تحت شرایط عیبی بدست آمده مشخص کنید که کدام قطعه معیوب و نوع عیب آن را مشخص کنید.

عیب	1	2	3	4	5
A	+9.6	+4.8	+4.7	+5.5	−10
B	+9.6	−6.8	−8	−7.4	−10
C	+9	−0.6	−8	−7.4	+0.2
D	+9.5	0	−9.6	−10	−10
E	+9.6	−1	−8	−7.4	−10
انحراف خروجی					

۴–۱۰– تمرین : تقویت‌کننده صوتی شکل (۲۶ – ۴)



شکل (۴–۲۶) – تقویت کننده قدرت صوتی .

مشخصات	توان خروجی	: ۴ وات با ۸ اهم
	اعوجاج هارمونیک	: کمتر از ۲ درصد در ماگزیمم خروجی
	حساسیت	: تقریبا" یک ولت r.m.s
	پاسخ فرکانسی	: ۱۵ هرتز تا ۲۰ کیلوهرتز
	امپدانس ورودی	: ۱/۵ کیلو اهم

این مدار در کلاس   با طبقهٔ خروجی مکمل هم و ترانزیستورهای توان متوسط نوع (BD 132,BD131) استفاده شده است. این دو ترانزیستور از طریق ترانزیستورهای Tr_2 و Tr_3 و همچنین تقویت‌کننده امیتر مشترک Tr_1 تغذیه می‌شوند. Tr_2 ، Tr_4 ، Tr_3 و Tr_5 بصورت یک جفت مکمل هم با بهرهٔ جریان زیاد وصل شده‌اند.

ترانزیستورهای Tr_2 و Tr_4 سیگنالهای روی R_4 را در قسمت سیکل‌ها هدایت می‌کنند. درحالی که Tr_3 و Tr_5 درنصف سیکل‌های منفی هدایت می‌نمایند. طبیعتا" یک مقدار کمی بایاس مستقیم می‌باید به ترانزیستورهای خروجی اعمال شود. در غیر اینصورت سیگنال خروجی دارای اعوجاج Cross-Over می‌شود. بایاس مزبور بوسیلهٔ دیودهای D_1 و D_2 و مقاومت متغیر کم RV_1 تامین می‌گردد. برای اینکه یک جریان ساکن کم قادر به عبور از Tr_4 و Tr_5 شود. بایستی ولتاژ مستقیمی (DC)تقریبا "برابر ۱/۲۵ ولت بین اتصالات بیس Tr_2 و Tr_3 برقرار نمود.

دیودهای D_1 و D_2 که بوسیلهٔ جریان کلکتور بایاس مستقیم شده‌اند ولتاژی حدود ۱/۴ ولت می‌دهند و پتانسیومتر RV_1 برای تنظیم سطح ولتاژ استفاده می‌شود. این پتانسیومتر در ابتداء کار می‌باید با دقت تنظیم شود. بطوری که جریانی که ازامیتر Tr_5 عبور می‌کند حدود 10mA باشد. برای انجام این کار بجای خط اتصال A میلی‌آمپرمتر جریان مستقیم (DC) قرار داده می‌شود تا اینکه جریان مزبور را نشان دهد. این جایگزینی می‌باید بوجود آمدن هرگرایش اعوجاجCross-Overرا از میان ببرد.

هردو ترانزیستور خروجی می‌باید روی یک رادیاتور نصب شوند. (حدود صد سانتی‌متر مربع از آلومینیوم با ضخامت سه میلی‌متر کافی است). وقتی ترانزیستورهای خروجی درمدت کار زیاد یا تغییرات دمای مجاور گرم می‌شوند تغییراتی در ولتاژهای بیس ــ امیتر ترانزیستورهای Tr_2 و Tr_3 صورت می‌گیرد. دیودهای D_1 و D_2 نیز با دما تغییر می‌کنند. بنابراین شرایط

مجموع بایاس عوض نمی‌شود. سپس دیودهای D_1 و D_2 یک درجه جبران حرارتی را فراهم می‌کنند.

مسیر فیدبک پایدار کننده منفی از طریق R_2 فراهم شده است که قسمتی از سیگنال خروجی را جهت مخالفت با ورودی تغذیه می‌کند. چون مدار بطور مستقیم کوپلاژ شده لذا فیدبک نقطه کار DC را نیز در نقطهٔ اتصال R_7 و R_8 پایدار می‌نماید. اگر مدار بطور صحیح کار کند یعنی Tr_2 با Tr_3 و Tr_4 با Tr_5 منطبق شده باشند درنتیجه ولتاژ نقطه کار DC مزبور دقیقاً" می‌باید نصف‌ولتاژ منبع تغذیه شود. بقیهٔ ولتاژهای DC را می‌توان با درنظر گرفتن این ولتاژ و با توجه به اینکه ولتاژ بین بیس وامیتر ترانزیستور درحال کار تقریباً" ۰/۷ ولت می‌باشد حساب کرد.

ولتاژهای اصلی با منبع تغذیهٔ ۲۴+ ولتی به قرار زیر می‌باشد.

نقاط آزمایش	Supply	5	4	3	2	1
ولتاژ بدست آمده	(24)	11.8	11.8	12.5	11.1	+1

خازن C_3، خازن کوپلاژ خروجی با بار ۸ اهم، می‌باید دارای ولتاژ کار ۲۵ ولت و Ripple Current Rating حداقل ۶۰۰ میلی‌آمپر باشد (خازن را در جای خیلی کوچک قرار ندهید و بخوبی از رادیاتور ترانزیستورها دور باشد). چون از ترانزیستورهای قطع در فرکانسهای بالا استفاده شده‌اند مدار ممکن است گرایش به‌نوسان پیدا کند. لذا خازنهای C_2، C_4 و C_5 برای جلوگیری از این عمل بکار رفته‌اند.

وقتی که توان خروجی اندازه‌گیری می‌شود از یک اسکوپ جهت‌تست کردن اعوجاج شکل ولتاژ دوسر بار و یک مولتی‌متر استاندارد، درمحدودهٔ ولتاژ AC برای اندازه‌گیری مقدار r.m.s ولتاژ خروجی استفاده شده است.

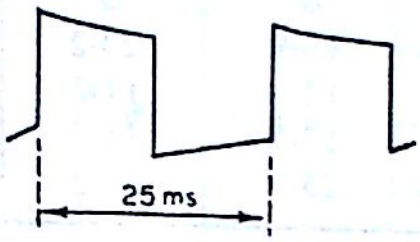
پس:

پس:

$$\text{توان خروجی} = \frac{V_o^2}{R_L}$$

که R_L مقاومت بار خروجی است .

نتیجه پاسخ فرکانس ورودی موج مربعی با فرکانس ۴۰ هرتز در (۴-۲۷) نشان داده شده است .



شکل (۴-۲۷) ــ تست تقویت کننده صوتی با ورودی موج مربعی ۴۰ هرتز .

توجه داشته باشید که اجزاء فرکانسهای پائین که در موج مربعی ظاهر می‌شود کمتر از فرکانسهای بالاتر تقویت می‌شوند . الزاما" این عمل بد نیست زیرا فرکانس قطع زیرین تقویت‌کننده نیاز به این دارد که بالاتر از رزونانس Bassresonance بلندگو باشد :

اگر خروجی بطور ناگهانی اتصال کرده و یا اگر مدار قطعی درمجموعهٔ تشکیل دهندهٔ بایاس D_1و D_2 و RV_L صورت گیرد . در طبقات خروجی کلاس B ، ترانزیستورهای خروجی آماده برای خراب شدن هستند . برای جلوگیری از این کار می‌باید منبع تغذیه با یک محدود کنندهٔ جریان حدودmA 750 همراه باشد . یا بجای مقاومتهای R_7 و R_8 فیوزmA 750 قرار گیرد .

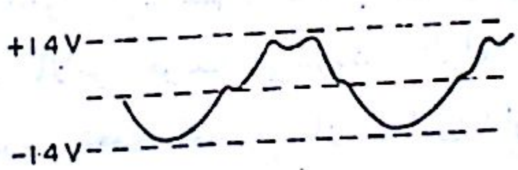
سوالات

۱ــ تمام ولتاژهای DC زیر با ورودیmV 100 در یک‌کیلوهرتز وقتی که

عیب وجود داشته بدست آمده است تمام مقادیر بوسیله ولتمتر که یک سر به نقطهٔ مشخصه و سر دیگر به شاسی است گرفته شده با ملاحظهٔ هر حالت سعی کنید قطعهٔ معیوب ونوع عیب را مشخص کنید .

عیب	1	2	3	4	5	علائم
A	1.2	6.5	9.5	13	8	بدون خروجی
B	0	0	0	0	0	بدون خروجی
C	8.5	22.5	23.9	23.2	23.2	بدون خروجی
D	0.8	11.5	12	11.7	11.7	شکل موج (۴–۲۸)
E	1.0	11.7	12.5	11.7	11.7	شکل موج (۴–۲۹)
F	0	22.3	23.9	23.2	23.2	بدون خروجی

شکل (۴–۲۸) ــ شکل موج عیب (f= 1 KHZ) .





شکل (۴–۲۹) ــ شکل موج عیب (f= 1 KHZ) .

۲ــ علائم حالات عیوب زیر چیست؟

الف ــ بیس ــ امیتر Tr_4 مدار قطع است .

ب ــ C_3 مدار قطع است .

تمرین (۴–۷)

عیب	المان معیوب
A	C_3 اتصال کرده، این باعث می‌شود که Tr_2 شدیداً " هدایت کرده و Tr_1 خاموش می‌شود.
B	R_5 قطع است، باعث بهرهٔ زیاد و تغییر سطح بایاس DC می‌شود.
C	کلکتور، امیتر Tr_1 اتصال کرده است.
D	C_2 اتصال کرده است.
E	کلکتور Tr_2 قطع است.
F	C_3 قطع و تولید فیدبک منفی می‌کند.
G	R_1 قطع است.

تمرین (۴–۸)

عیب	المان معیوب
A	R_4 قطع است. زمانی‌که دستگاه اندازه‌گیری را به‌نقاط‌آزمایش ۳ و ۴ و ۵ بکار می‌بریم یک جریان زیادی را نشان می‌دهد.
B	C_1 اتصال کرده است. نقاط‌آزمایش ۳ و ۴ یک‌ولتاژ را نشان میدهند.
C	C_1 قطع است. یک فیدبک منفی جهت کاهش بهره اعمال می‌کند.
D	پایهٔ درین FET قطع است. Tr_2 نمی‌تواند هدایت کند.
E	بیس، امیتر Tr_2 قطع است.

تمرین (۴–۹)

عیب	المان معیوب
A	دیود زینر DZ_1 قطع است.
B	پایهٔ وسطی RV_1 قطع یا اینکه کلکتور Tr_3 قطع است.
C	R_7 قطع، بدون فیدبک منفی.
D	دیود زینر DZ_1 اتصال کرده است.
E	بیس، امیتر Tr_1 قطع است.

تمرین (۴–۱۰)

سئوال ۱–

عیب	المان معیوب
A	R_8 قطع است.
B	R_4 قطع است.
C	R_3 قطع یا بیس، امیتر Tr_1 قطع است.
D	D_1 اتصال کرده است.
E	بیس، امیتر Tr_3 اتصال کرده است.
F	R_2 قطع است.

سئوال ۲ – الف – ولتاژهای بایاس تقریبا" معمولی است اما سیگنال خروجی در نیم سیکل‌های مثبت شدیدا" خراب است.

ب – ولتاژهای بایاس معمولی است، سیگنال خروجی صفر است.

فصل پنجم

۵ــ ۱ــ تمرین : پری آمپلی‌فایر با حداقل نویز (LM381A) شکل (۵ــ۱)

آی سی LM381A یک تقویت‌کننده مضاعف (دوبل) است که برای تقویت سیگنالهای سطح پائین، باکاربرد خوب و نویز کم طراحی گردیده است. با افزایش چگالی جریان در طبقهٔ اول LM381A امکان بدست‌آوردن بهترین کارکرد برای قطعات مغناطیسی تولید صدا وجود دارد. یک پری آمپلی‌فایر صوتی کامل که از این روش استفاده شده همراه با تنظیم‌کننده ورودیهای مختلف و کلید انتخاب و کنترل صدا در شکل (۵ــ۱) نشان داده شده است. کنترل تن صدا حذف شده لیکن بسادگی امکان اضافه کردن آن وجود دارد.

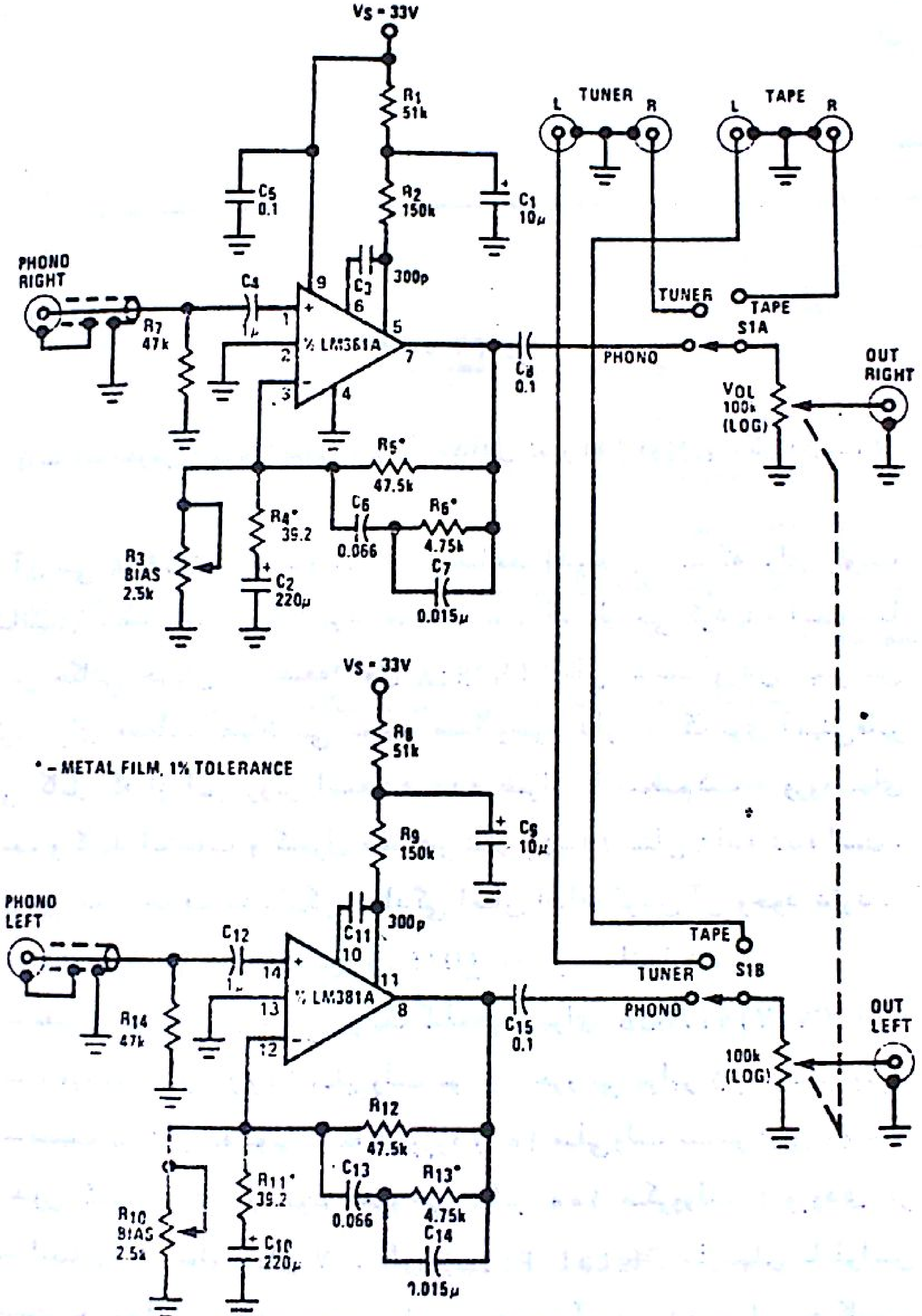
ــ پاسخ فرکانسی RIAA بین $\pm 0/6dB$ مقدار استاندارد.

ــ معیار صفر دسی‌بل بهره در یک کیلوهرتز برای 41/6dB (120V/V).

ــ با ورودی اسمی ۱۲/۵ میلی‌ولت موٴثر خروجی برابر ۱/۵ ولت موثر.

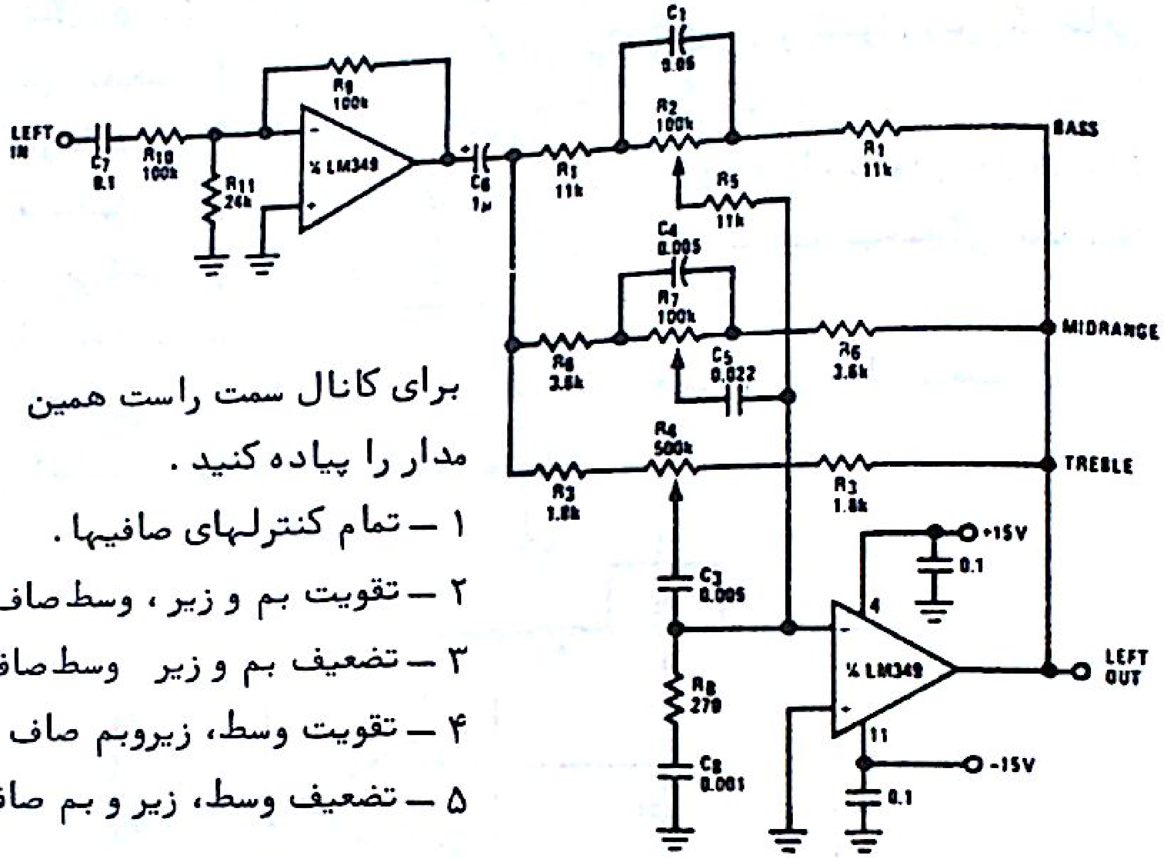
ــ نسبت سیگنال به نویز با معیار ورودی ۱۰ میلی‌ولت بیشتر از85dB‑

بدون کشیدن بار کل نویز خروجی برابر ۱۰۰ میکروولت (ورودی در حالت اتصال) از مقاومتهای لایه فلزی(Metal Film) خازنهای باتلرانس کم جهت به حداقل رساندن نویز اضافی و بدست آوردن دقت پاسخ فرکانسی RIAA، می‌باید استفاده شود.



شکل (۵ – ۱) – پری‌آمپلی فایر با حداقل نویز .

۵ ــ ۲ــ تمرین : کنترل حد وسط شکل (۵ ــ ۲)



برای کانال سمت راست همین مدار را پیاده کنید .

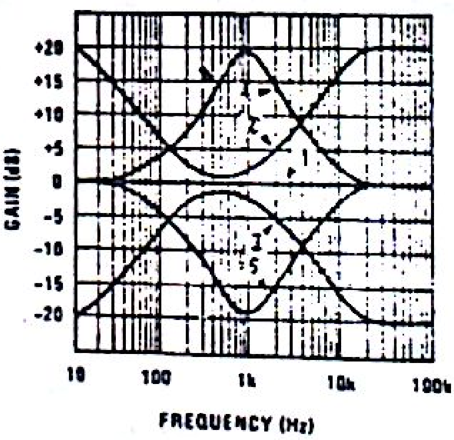
۱ ــ تمام کنترلهای صافیها .

۲ ــ تقویت بم و زیر ، وسط صاف .

۳ ــ تضعیف بم و زیر وسط صاف .

۴ ــ تقویت وسط، زیروبم صاف .

۵ ــ تضعیف وسط، زیر و بم صاف .



شکل (۵ ــ ۲) ــ کنترل فعال تن ــ سه باند .

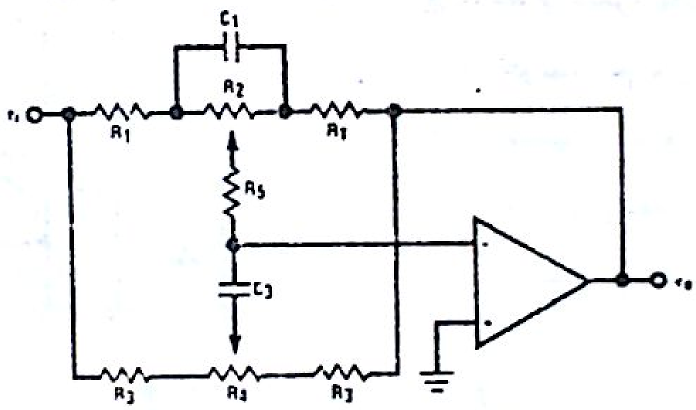
اضافه نمودن یک کنترل حد وسط که بطریقی شبیه کنترلهای زیروبم کار می‌کند قابلیت انعطاف بیشتری را درکنترل تن صدا بدست می‌دهد .

شکل (۵-۲) ترکیبی از کنترل حد وسط همراه‌با کنترل زیر و بم است .

در حقیقت اگر کنترل بم یکِ صافی پائین‌گذر ، و کنترل زیر یک صافی بالاگذر باشد پس کنترل وسطی ترکیبی از هردو می‌باشد .

فرمولهای فوق مستقلا" برای محاسبه شکل (۵-۳) است ودرشکل (۵-۲) صدق نمی‌کند زیرا اثر بار شدن و عوامل دیگر باعث پیچیدگی محاسبهٔ جزئیات مدار می‌شود .

راهنمایی ذیل برای کسانی که بخواهند تغییری در مدار بدهند که روش کار را آسانتر می‌نماید .



BASS

$$f_L = \frac{1}{2\pi R_2 C_1}$$

$$f_{LB} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$$

$$A_{VB} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

TREBLE

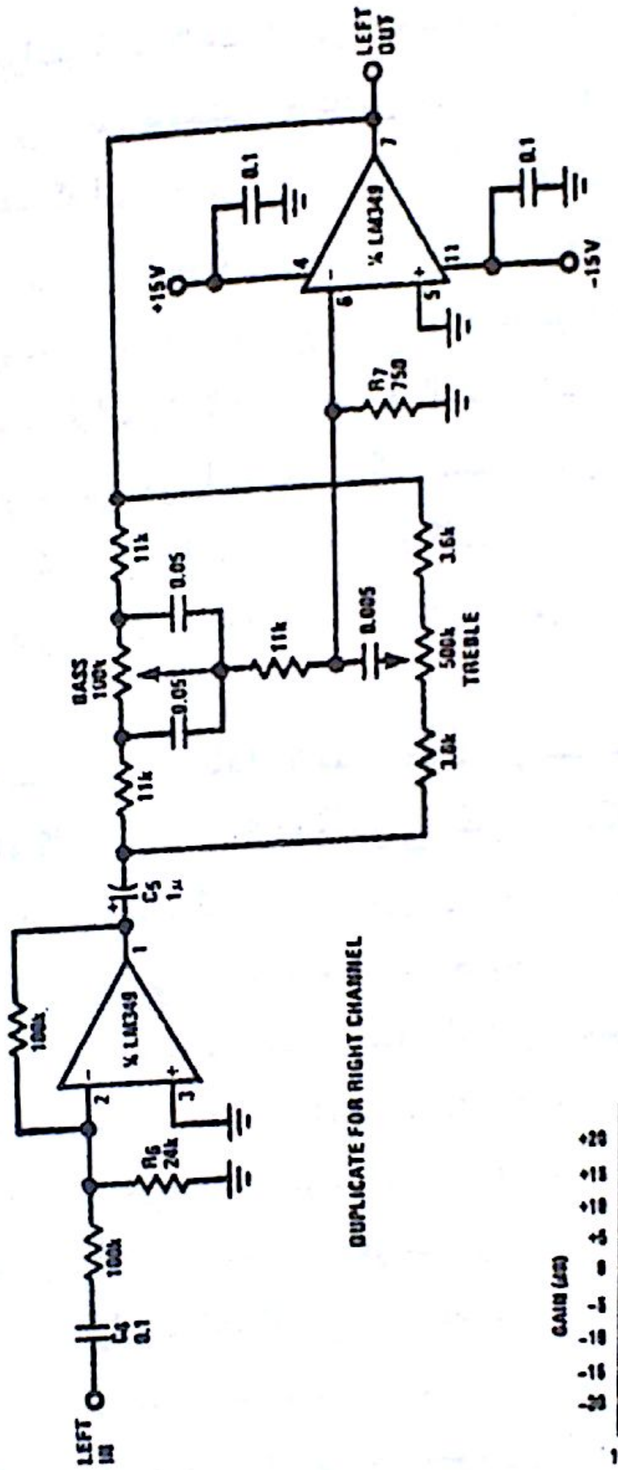
$$f_H = \frac{1}{2\pi R_3 C_3}$$

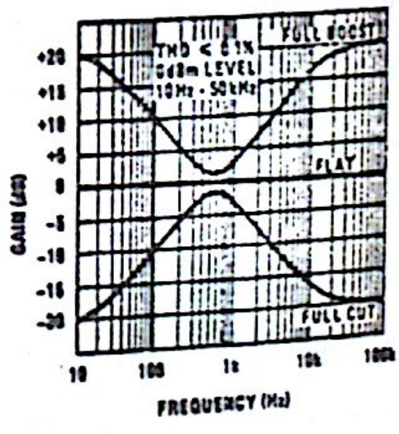
$$f_{HB} = \frac{1}{2\pi (R_1 + R_3 + 2R_5) C_3}$$

$$A_{VT} = 1 + \frac{R_1 + 2R_5}{R_3}$$

ASSUMES $R_4 > R_1 + R_3 + 2R_5$

شکل (۵ - ۳) - کنترل زیر و بم .





شکل بالا نمونه‌مشابه از شکل (۵ — ۲) می‌باشد .

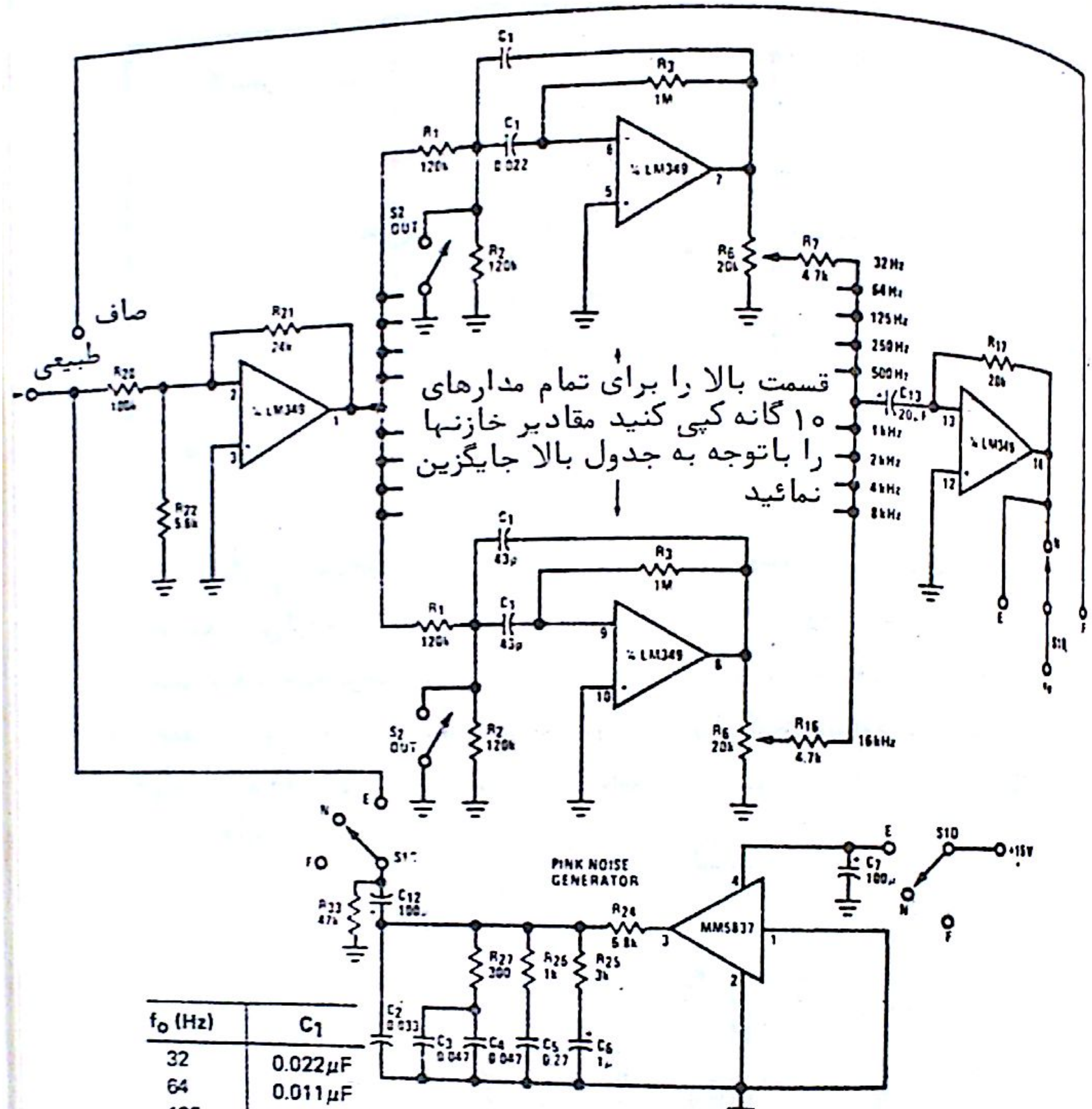
۱ ــ افزایش(یا کاهش) بهرهٔ حد وسط با کاهش(یا افزایش) R_6 صورت می‌گیرد ، این عمل همچنین فرکانس میانی حد وسط را بالاتر (یا پائین‌تر) تغییر می‌دهد که این تغییر اثر جزئی در کنترل زیر و بم دارد .

۲ ــ برای حرکت فرکانس میانی حد وسط(با حفظ بهره و تغییر جزئی در کارکرد زیروبم) هردو خازن C_4 و C_5 را تغییر دهید . رابطهٔ $C_5 = C_4$ را برقرار کنید . افزایش(کاهش) C_5 فرکانس میانی را کاهش(افزایش) خواهد داد . مقدار تغییر تقریبا" برابر عکس نسبت خازن جدید به قدیم می‌باشد . برای مثال اگر خازن اولیه C_5 و فرکانس میانی اولیهٔ f_o باشد و فرکانس جدید C_5 همراه فرکانس جدید f_o باشد . پس :

$$\frac{C_5}{C_5} = \frac{f_o}{f_o}$$

۵ــ۳ــ تمرین : متعادل کنندهٔ صوت در یک مکان مشخص شکل (۵ــ۴)

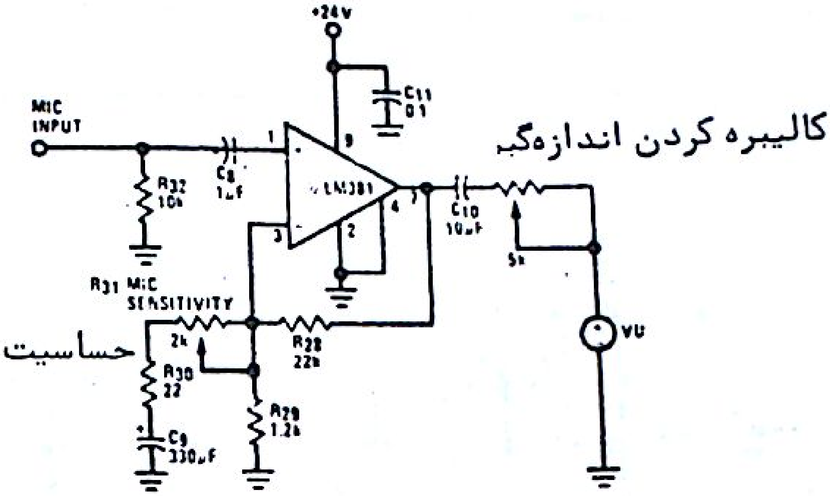
دستگاه کامل متعادل کننده صوتی مکان در شکل (۵ــ۴) نشان داده شده است . که درآن ضربه‌گیر (بافر) ورودی بعنوان یک تضعیف‌کننده فعال با بهرهٔ ۰/۲۵ عمل می‌کند و جمع‌کننده خروجی دارای بهرهٔ متغیر تابع مکان بازوی متحرک پتانسیومتر است . هدف از این خصوصیات حفظ بهرهٔ واحدی در کل یک سیستم واقعا" Cut Only (چون بهرهٔ هرصافی غیرقابل تغییر بوده و خروجی در دو سر پتانسیومترها افت می‌نماید) می‌باشد . نتیجه درست نمودن یک اثر تضعیف و تقویت درحد وسط پتانسیومتر که برابر بهرهٔ واحدی است . برای مشاهدهٔ اثر فوق فقط یک قسمت ازفیلتر را درنظر گرفته و فرض‌کنید ورودی سیستم برابر یک ولت باشد . خروجی ضربه‌گیر ۰/۲۵ ولت و خروجی فیلتر در انتهای بالایی پتانسیومتر R_6 یک ولت خواهد شد (چون $A_o = 4$) . بهرهٔ جمع‌کننده وقتی که R_6 درماگزیمم مقدار است برابر $4 = \frac{R_{17}}{R_7}$ بنابراین‌خروجی جمع‌کننده برابر ۴ ولت یا +12dB نسبت به ورودی خواهد شد . با قرار گرفتن بازوی‌متحرک پتانسیومتر در وسط مقاومت ورودی (R_7) جمع‌کننده با نصف مقاومت R_6 بطور موثر موازی شود یعنی :



f_o (Hz)	C_1
32	0.022μF
64	0.011μF
125	0.0056μF
250	0.0027μF
500	0.0015μF
1k	680pF
2k	330pF
4k	160pF
8k	82pF
16k	43pF

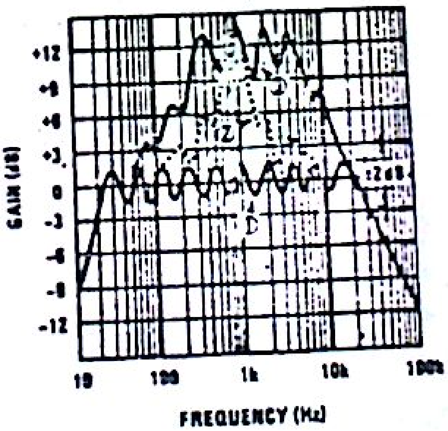
جدول مقادیر استاندارد C_1 نسبت به f_o

شکل (۵ـ۴) ـ دستگاه متعادل کننده صوت .

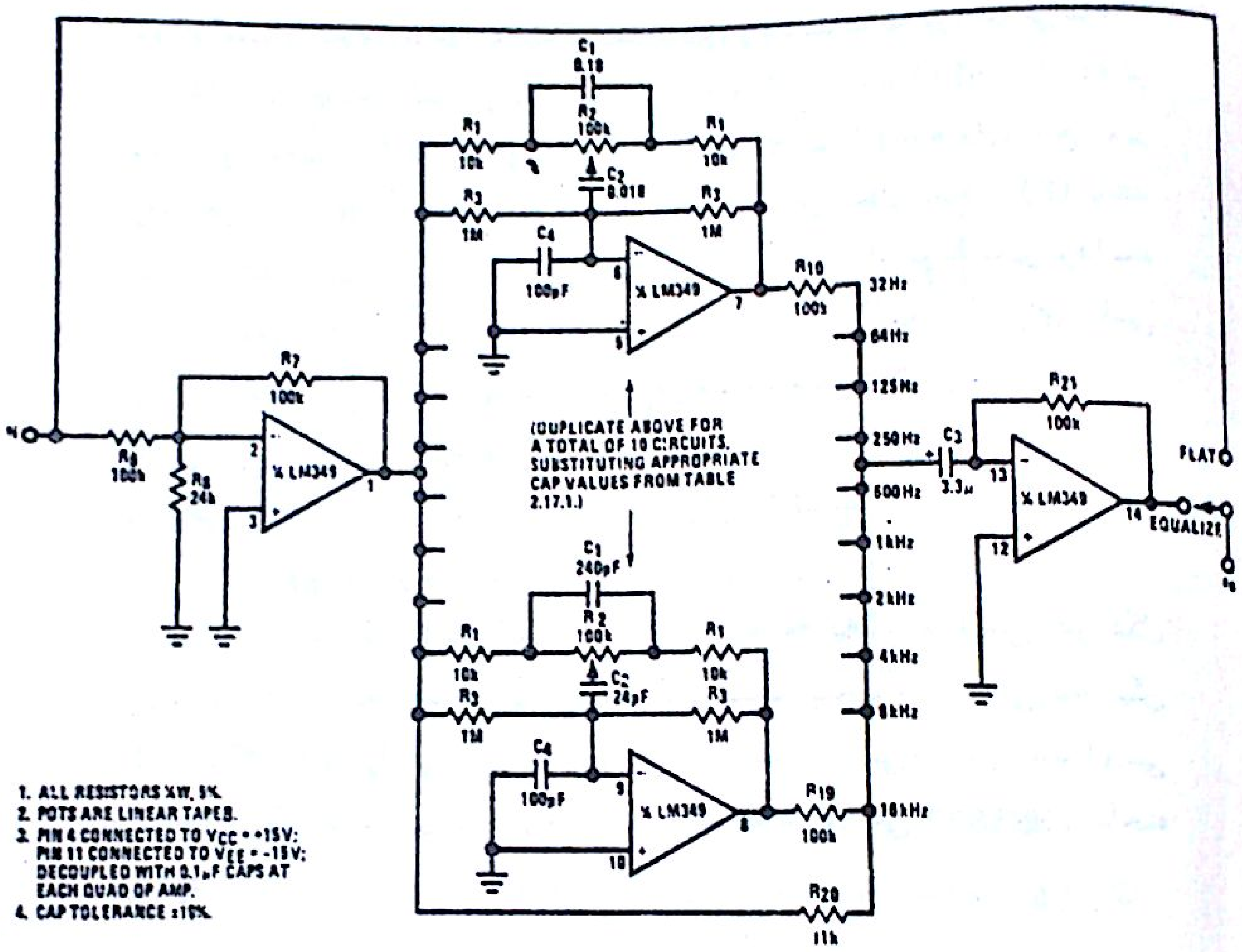


$$\frac{4/7 . 10}{4/7 + 10} = 3/2k$$

ولتاژ درانتهای بالایی R_6 بوسیلهٔ عمل تقسیم ولتاژ 10k و 3/2k - تضعیف می‌گردد. این ولتاژ تقریبا" برابر ۰/۲۵ ولت بوده و بوسیلهٔ جمع‌کننده چهاربرابر شده تا ولتاژ نهایی یک ولت در خروجی بدهد، یا نسبت به ورودی برابر صفر دسی‌بل شود. با قرار گرفتن بازوی متحرک در حداقل مقدار خود این قسمت فاقد خروجی می‌شود. امادامنهٔ (Skirts)



شکل (۵ – ۵) – نمونه پاسخ فرکانس تعادل صوتی مکان مشخصی.



f_o (Hz)	C_1	C_2
32	0.18μF	0.018μF
64	0.1μF	0.01μF
125	0.047μF	0.0047μF
250	0.022μF	0.0022μF
500	0.012μF	0.0012μF
1k	0.0056μF	560pF
2k	0.0027μF	270pF
4k	0.0015μF	150pF
8k	680pF	68pF
16k	240pF	24pF

مدار مشابه که می‌توان با تغییر مقدار خازنها با استفاده از جدول تغییر فرکانس داده و با گذاشتن یک کلید سلکتوری می‌توان در فرکانسهای مختلف استفاده نمود .

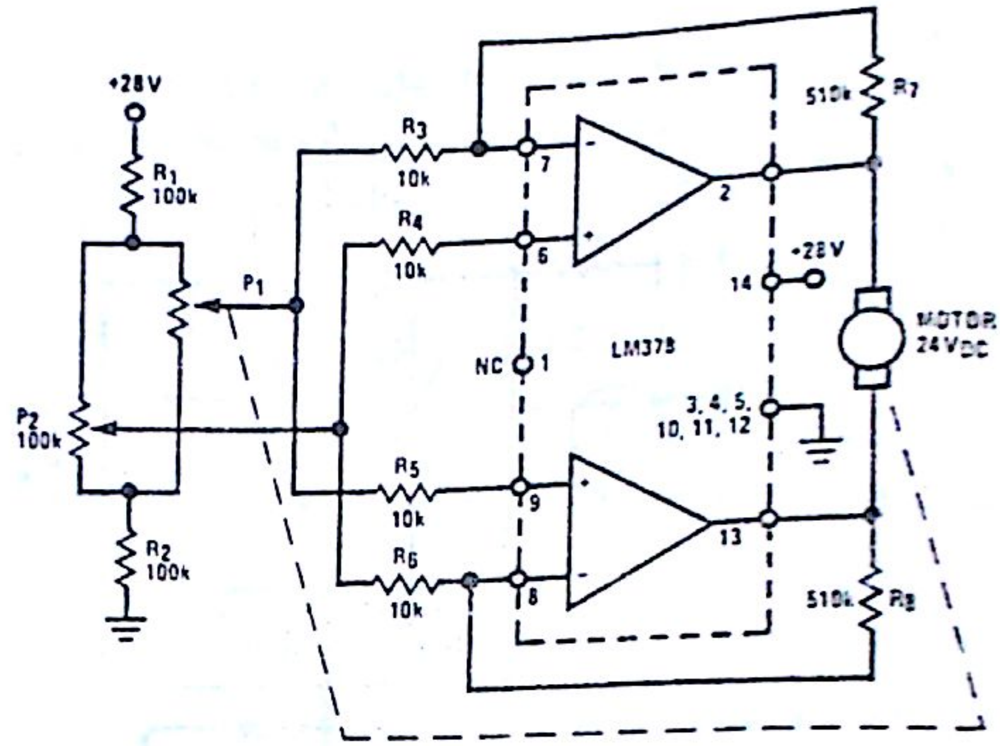
عمل صافیهای مجاور منجر به ایجاد تضعیف12dB-نسبت به ورودی می‌شود.
بنابراین نتیجه کلی از یک سیستم تضعیف‌کننده تنها(Cut only)اثر تقویت و تضعیف ±12dB می‌باشد. مولدPink Noiseبه عنوان منبع نویز برای هرقسمت فیلتر فقط درحالی که کلید S_1 در محل تعادل (E) باشد استفاده شده است. در حالت کار طبیعی ((N) قدرت از مولد نویز برداشته می‌شود بطوریکه نویز درخطوط تغذیه تخلیه نگردد. کلیه S_2 برای شاسی کردن ورودی در ضمن برای تعادل در هر قسمت فیلتر بکار رفته است. پری آمپلی‌فایر دوتایی (مضاعف) نویز پائین LM381 بعنوان تقویت‌کننده میکروفون جهت بحرکت درآوردن اندازه‌گیر (VU) استفاده شده است.

کانال دوم با افزایش کپی تمامی شکل (۵ — ۴) بجز مولد که می‌تواند مشترک باشد اضافه می‌شود. نمونهٔ پاسخ فرکانسی در شکل (۵ — ۵) داده شده است. با وجودی که سیستم پیچیده بنظر می‌رسد لیکن یک دستگاه کامل را می‌توان با استفاده از هشت آی‌سی (شش عدد آی‌سی LM349، یک عدد آی سی LM381 و یک عدد آی سی MM5837) ساخته می‌شود.

۵ — ۴— تمرین : کنترل‌کننده سرعت ــ شکل (۵ — ۶)

یک‌مدار کنترل سرعت متناوب کم قیمت با استفاده از یک تقویت‌کننده LM378 طراحی شده است. برای استفاده موتورهای ۲۴ تا ۱۲ ولت DC در جریانهای دائم تا چند صد میلی آمپر، این مدار درتنظیم راه دور انحراف زاویهٔ در یک محور محرک را می‌دهد. نمونهٔ کاربردهای آن شامل آنتهای گردان یا سوپاپهای موتور کنترل شده وغیره.

کنترل— (شکل ۵ — ۶) ازیک خطای سیگنال حاصل پل وستون (مقاومتهای R_1وR_2 و پتانسیومترهای P_1وP_2) نتیجه می‌شود. کنترل P_1 بطور مکانیکی به محورَ موتور کوپل (جفت) شده و بعنوان یک احساس‌کننده

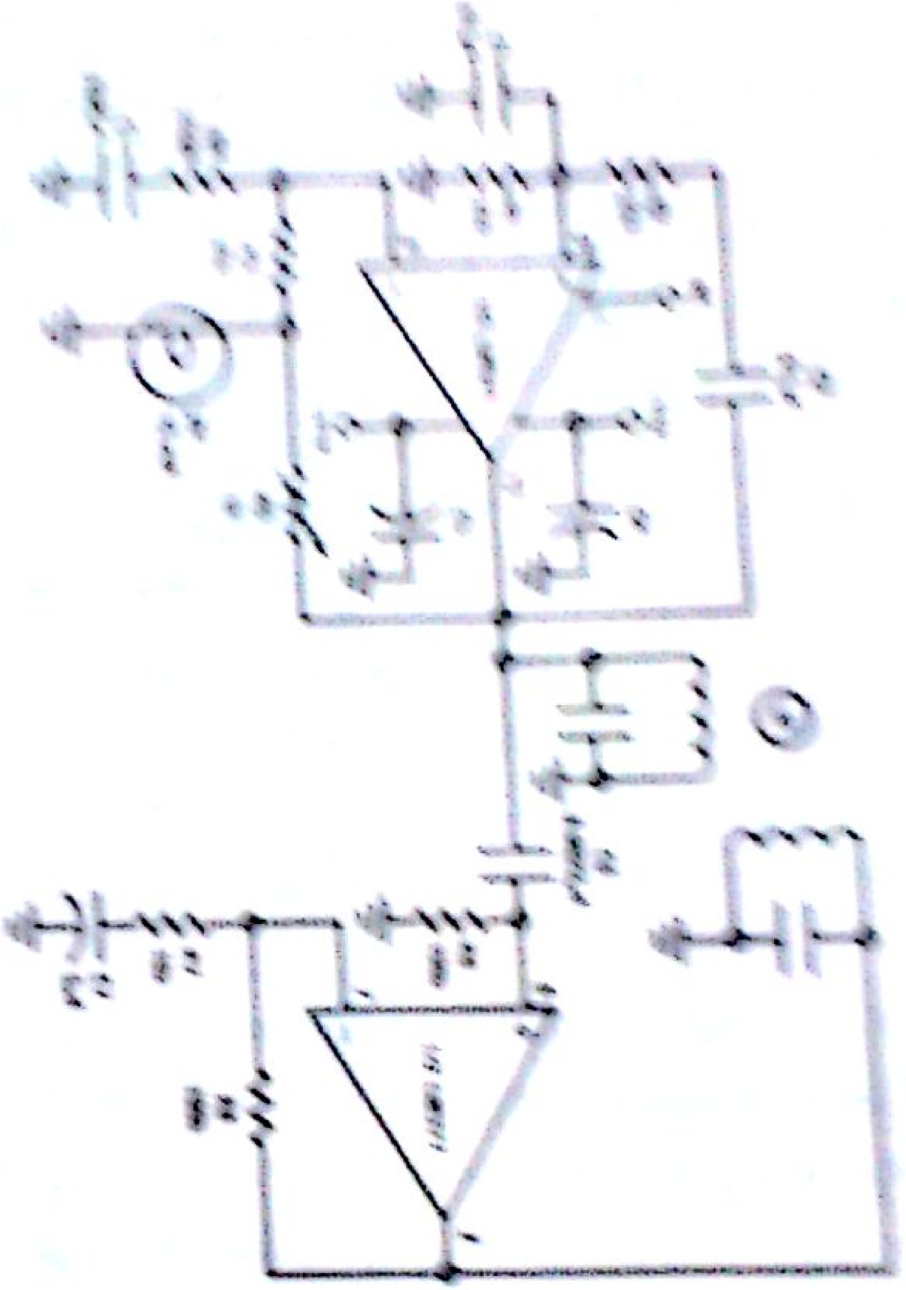


شکل (۵ ـ ۶) ـ کنترل کننده سرعت متناسب .

(سـرور) فیدبک منفی پیوسته عمل، می‌کند .

نقطهٔ تنظیم کنترل P_2 یک ولتاژ خطایی در ورودیها ایجاد می‌کند که بوسیلهٔ LM378 تقویت می‌شود . مقدار و پلاریتهٔ سیگنال خروجی LM379 سرعت و جهت موتور را مشخص می‌کند همان اندازه که موتور بچرخد پتانسیومتر حرکت کرده وسیگنال خطا (اختلاف ولتاژ بین P_1 و P_2) کمتر و کمتر می‌شود . تا وقتی که به صفر برسد و بالاخره سیستم متوقف‌گردد .

بهرهٔ‌واقعی مورد نیاز سیستم بوسیلهٔ موتور انتخاب شده و محدودهٔ لازم مشخص می‌گردد و مدار شکل (۵ ـ۶) اساس کنترل متناسب سرعت را بیان کرده و تعیین مقادیر نهایی مقاومتها درنظر گرفته نشده است .

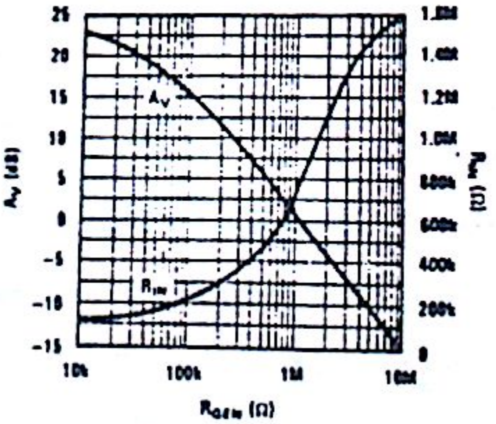


۵ ــ ۵ ــ تمرین : یک سیستم کامل شکل (۵ ــ ۷)

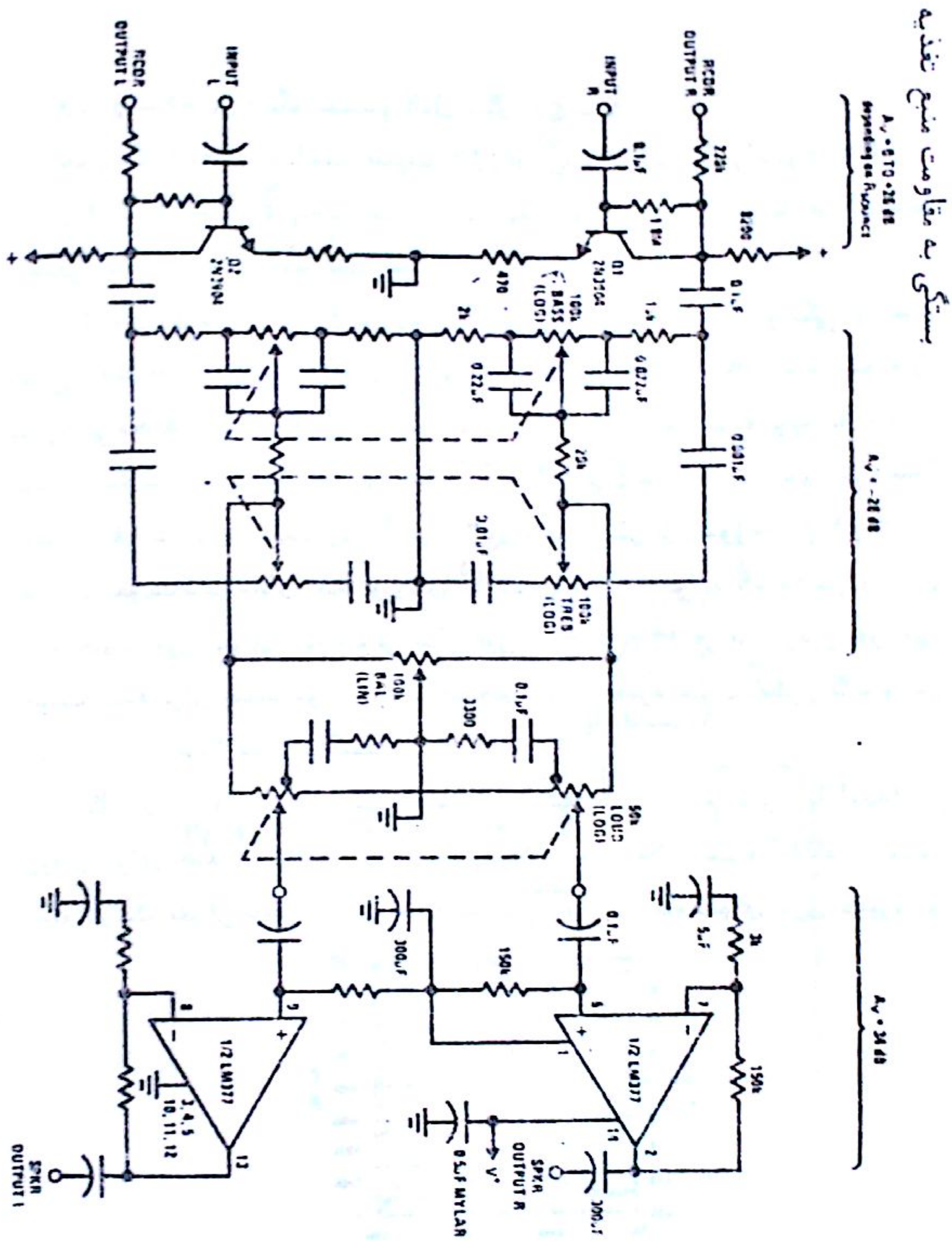
تقویت‌کننده‌های مضاعف قدرت LM377 یا LM379 در رادیوهای مبله ، میز فرمان ، گرامافون ، پخش صوت ، سیستم تقویت متقابل و یا هر سیستم موسیقی قدرت پائین مفید می‌باشد .

شکلهای (۵ ــ ۷) و (۵ ــ ۸) و (۵ ــ ۹) قسمتهای الکترونیکی سیستم صوتی دوکاناله را با ورودیهای رادیو AM ، رادیو استریو FM پخش صوت را نشان می‌دهند . شکل (۵ ــ ۷) ترکیبی از یک زوج تقویت قدرت با صدای بلند ، بالانس و کنترلهای تن صدا را نشان می‌دهد . کنترلهای تن صدا اجازهٔ تقویت یا تضعیف زیر یا بم را می‌دهند . ترانزیستورهای Q_2 و Q_1 را بعنوان تقویت‌کننده‌های خط ورودی با سه تابع (۱) تولید امپدانس ورودی زیاد جهت ورودیهای ، بخصوص میکروفون سرامیکی (۲) فراهم کردن خروجی تقویت شده برای ضبط صوت ، و (۳) فراهم نمودن بهره جهت جبران‌کاهش در کنترلهای تن صدا عمل می‌کنند .

شکل (۵ ــ ۹) رابطهٔ بین امپدانس منبع سیگنال و بهره با امپدانس ورودی برای طبقهٔ تقویت Q_2 و Q_1 را نشان می‌دهد . بهرهٔ طبقه را ممکن است در یک مقدار مطلوب بوسیلهٔ امپدانس منبع یا مقاومتهای سری با ورودی



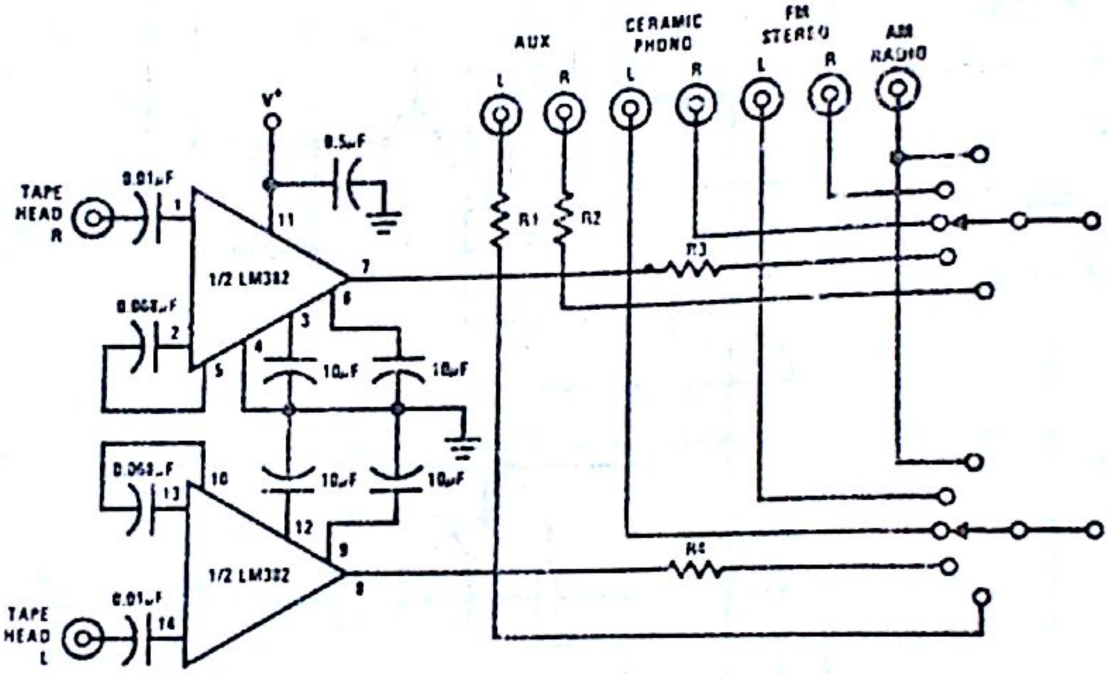
شکل (۵ ــ ۹) ــ A_V و R_{in} برای طبقه ورودی شکل (۵ ــ ۶) .



شکل (۵ — ۷) ـ تقویت کننده قدرت دوکانالی و مدارهای کنترلی.

(مثل R_1 تا R_4 در شکل ۵ – ۸) تنظیم کرد .

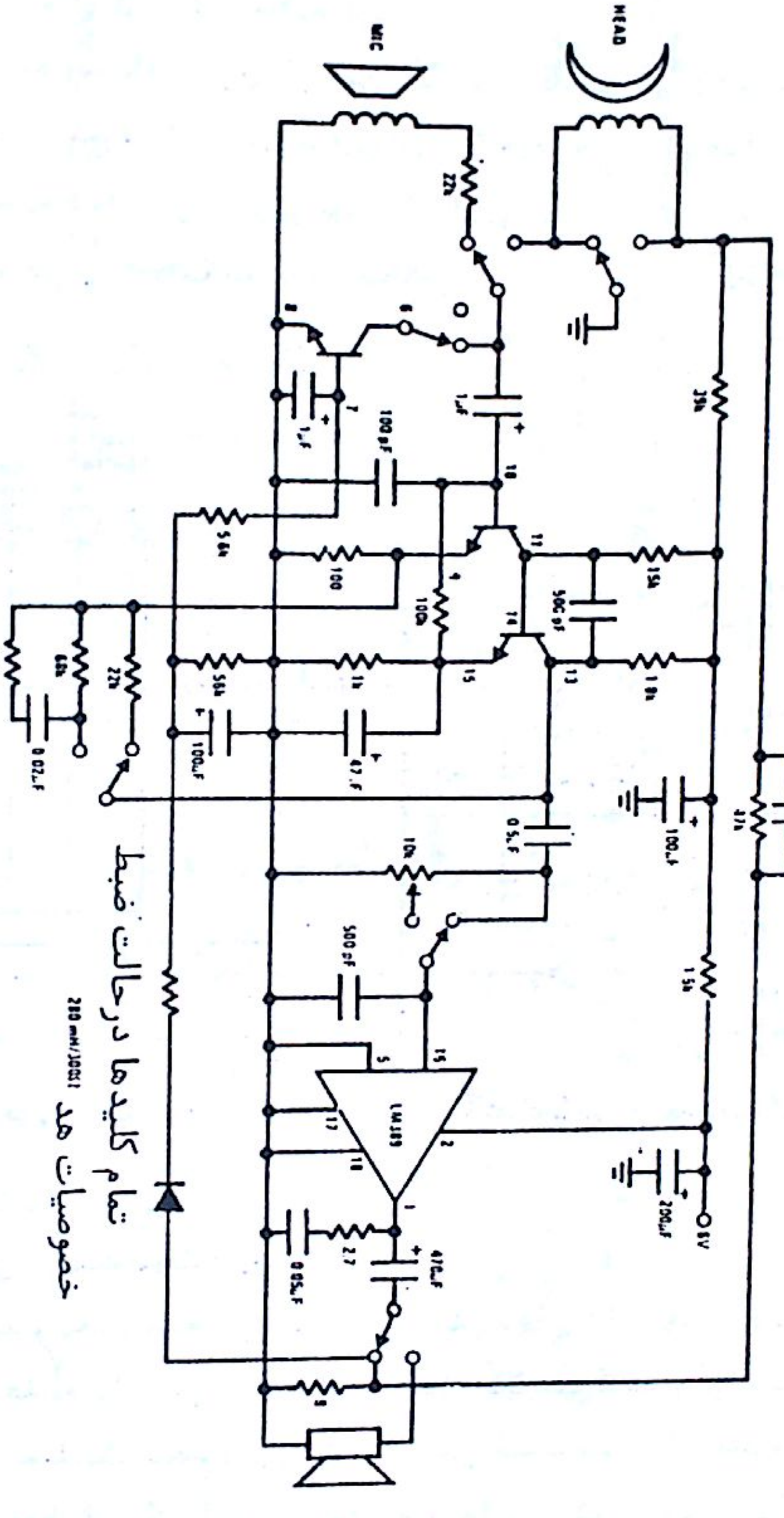
بهره بوسیله مقاومتهای سری از صفر تا ده مگااهم از ۱۵– تا ۲۴+ دسی‌بل متغیر است . بهرهٔ لازم برای صدای دوباره بدست آمده از استریو FM یا رادیو AM (e_{1w}= 100 تا 200mV) مقدار تقریبی دسی‌بل در مجموع برای ۲ وات با یک بلندگوی ۸ اهمی در یک کیلوهرتز یا ۲۱ تا ۲۴ دسی‌بل برای ۴ وات می‌باشد . حدود ۱۸ تا ۲۱



شکل (۵ – ۸) ـ تقویت کننده Tape-PlayBack دوکانالی وسوئیچینگ سیگنال

۵ ـ ۶ ـ تمرین : ضبط صوت (۵ – ۱۰)

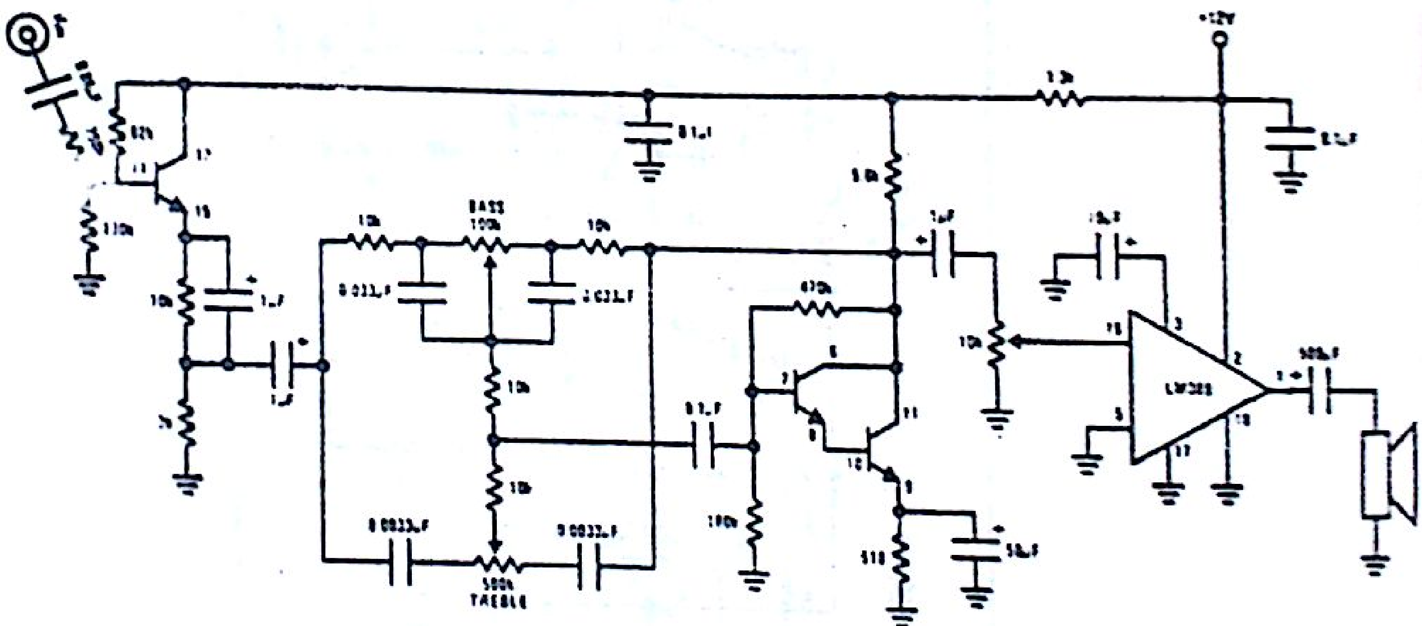
یک تقویت کننده پخش ضبط در شکل (۵ – ۱۰) نشان داده شده است دو عدد از ترانزیستورها بعنوان تقویت کننده سیگنال عمل می‌کنند و ترانزیستور سومی برای کنترل اتوماتیک سطح (Level) همچنین ضبط صوت استفاده شده است . تمام مدار فقط از یک آی سی LM389 بعلاوه یک دیود و قطعات غیرفعال تشکیل شده است .



شکل (۵ — ۱۰) — مدار یک ضبط صوت .

۵ — ۷— تمرین : تقویت کننده میکروفون سرامیکی با کنترل تن صدا شکل (۵ — ۱۱)

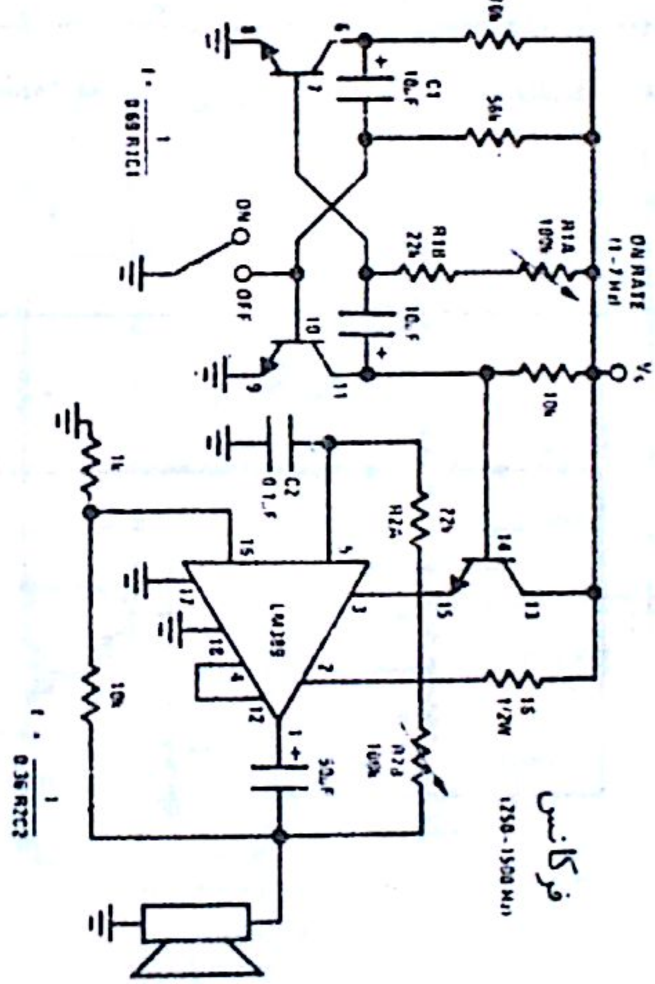
برای پاسخ فرکانس مناسب (بخصوص درانتهای پائین) وسائل تولید صدای سرامیکی نیاز به یک امپدانس انتهایی (اتصال نهایی) زیاد دارند، شکل (۵—۱۱) یک تقویت‌کننده صوتی تک آی‌سی کم قیمت را نشان می‌دهد که درآن یکی از ترانزیستورهای LM389 بعنوان امپدانس ورودی بالا (امیتر فالور) جهت فراهم نمودن بار مورد نیاز وسیلهٔ تولید صدا استفاده شده است. باقی‌مانده ترانزیستورها تشکیل یک‌جفت دارلینگتون با بهرهٔ زیاد می‌دهند که بعنوان یک قطعهٔ فعال در مدار کنترل Baxandall اعوجاج کم استفاده می‌شود.



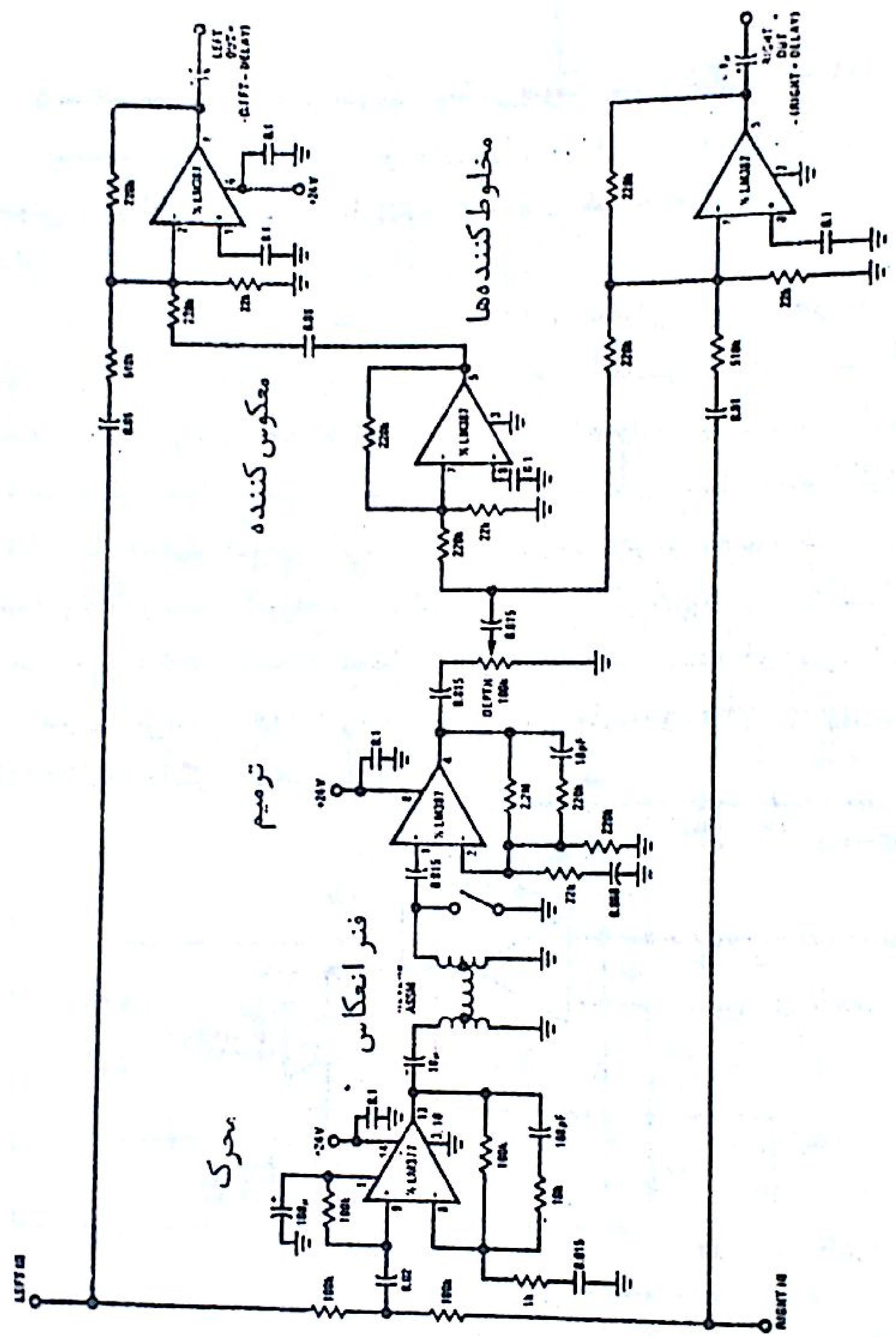
شکل (۵ — ۱۱) — تقویت کنندهٔ میکروفون سرامیکی با کنترلهای تن صدا

۵ — ۸ — تمرین : آژیر خطر شکل (۵ — ۱۲)

در مدار آژیر خطر شکل (۵ — ۱۲) یکی از ترانزیستورهای آی‌سی LM389 برای روشن و خاموش کردن تقویت‌کنندهٔ قدرت به روش تضعیف پارازیت استفاده شده است . ترانزیستورهای دیگر تشکیل یک مدار مولتی‌ویبراتور کوپل شده متقاطع را می‌دهند سرعت نوسان اسیلاتور موج مربعی را کنترل می‌نماید . تقویت‌کننده قدرت بعنوان اسیلاتور موج مربعی با فرکانس خاصی استفاده شده که تنظیم آن بوسیلهٔ پتانسیومتر R_{2B} فراهم گردیده است .



شکل (۵ — ۱۲) — آژیر .

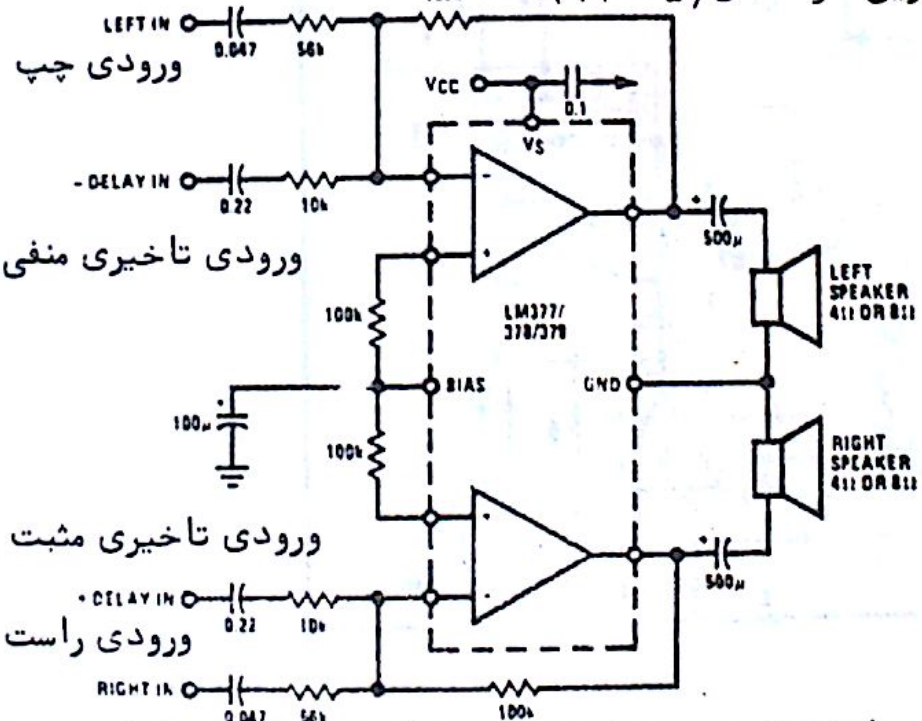


شکل (۵ ــ ۱۳) ــ سیستم تقویت انعکاس استریو .

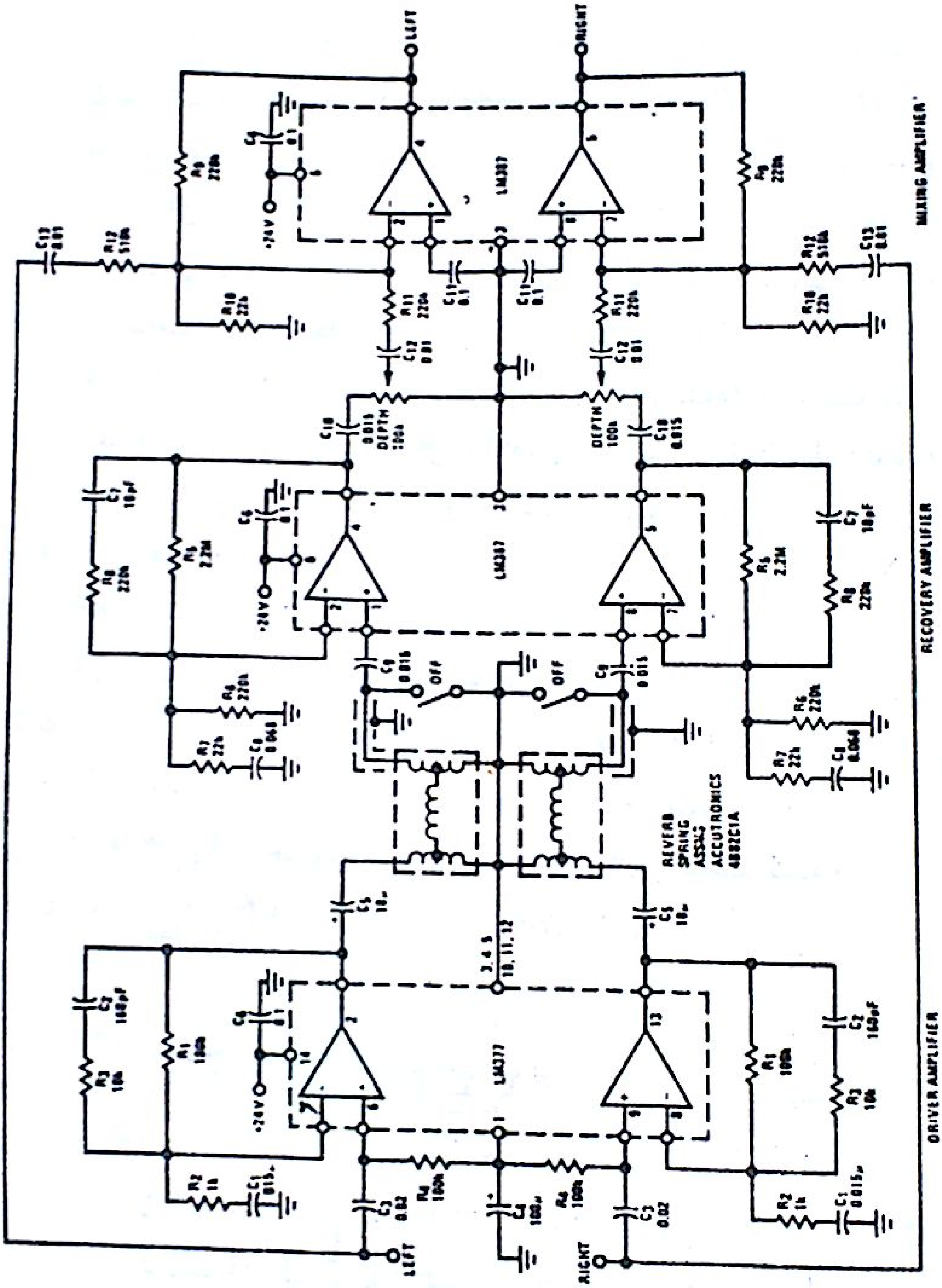
۵ – ۹– تمرین : سیستم تقویت انعکاس صوت استریو شکل (۵ – ۱۳)

سیستم شکل (۵–۱۳) را می‌توان برای تهیهٔ استریوی مصنوعی از منبع صوتی مونومانند رادیو AM یا FM مونو یا پری تقویت صوت مورد استفاده قرار داد .

تقویت‌کننده قدرت مضاعف LM377 بعنوان منبع تحریک بخاطر توانایی آن در اعمال جریان زیاد به بارهای القایی استفاده شده است . نصف پری‌آمپلی‌فایر مضاعف کم نویز LM387 بعنوان تقویت‌کننده بازیابی و نصف دیگر بعنوان معکوس کننده و LM387 دیگری جهت مخلوط کردن دو کانال با همدیگر استفاده گردیده‌اند . خروجی هردو مخلوط کننده معکوس شده و به ترتیب با ورودیها ترکیب شده‌اند . اگر خروجیها مستقیما" برای تحریک بلندگوها استفاده شوند (نظیر اتومبیل ، سیستمهای مورد استفاده در منزل) می‌باید LM387 را با یکی از آی‌سی‌های LM377/378/379 مضاعف 2W/4W/6W جایگزین شود شکل (۵ – ۱۴) .



شکل (۵ – ۱۴) – طبقهٔ خروجی متناوب برای راه‌اندازی بلندگوها با استفادهٔ مستقیم تقویت کننده‌های LM377/378/379



مدار اکو با استفاده از دو فنر برای دستگاههای استریو که می‌توان میان دک ، آمپلی‌فایر نصب شود .

۵ – ۱۰– طرح منبع تغذیه

در این قسمت روشهای طرح منبع تغذیه، صافی، یکسوساز نیم‌موج، تمام موج با اتصال وسط و تمام موج پل‌منابع تغذیه ارائه شده است. طرز کار بحد کافی ساده می‌باشد مخصوصا" برای کسانی طرح شده که آشنایی با طرح منابع تغذیه، صافیها، دیودهای یکسوساز و ترانس‌ها ندارند.

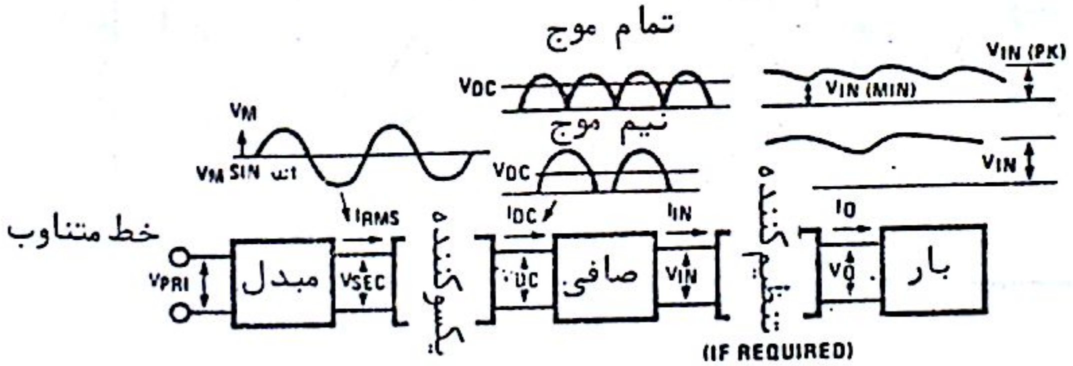
طرز کار آن با مراجعه به شکل (۵ – ۱۵) بوسیلهٔ طرح یک مثال نشان داده شده است. سعی شده که از مدارهای چند فاز یا چند برابر کننده حرفی نزنیم و حداکثر یک تنظیم‌کننده را تحلیل کنیم که می‌توان درصورت عدم لزوم آنرا هم حذف نمود.

الف – شرایط بار

شرایط ولتاژ، جریان و ریپل بار می‌باید قبل از طرح صافی و منبع تغذیه کاملا" شرح داده شود درواقع لازمهٔ بار همانهایی هستند که در ورودی تنظیم‌کننده می‌باشند. بنابراین V_{in} و I_{in} شرط اصلی‌اند که:

$I_{in} = I_o + I_Q$ جریان خروجی + جریان سکون تنظیم کننده.

$I_{in(max)} = I_{O(max)}$ جریان تمام بار (Full load).



شکل (۵ – ۱۵) – بلوک دیاگرام منبع تغذیه، حالت عمومی.

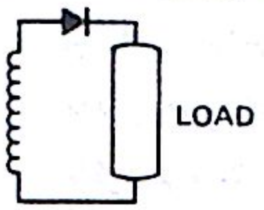
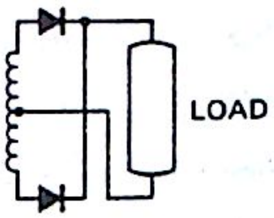
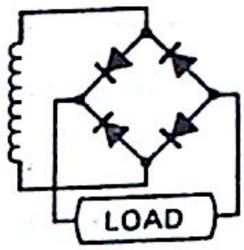
I_Q	$I_{in(min)}$ بدون بار یا جریان‌کار حداقل، می‌بایدنزدیک صفرباشد.
V_M	$V_{in(Pk)} =$ ماکزیمم جریان لحظه‌ای مجاز خروجی صافی درحالت بی‌باری برابر مقدار پیک‌ولتاژ ثانویه مبدل در بیشترین مقدار طرح شده ولتاژ اولیه (V_{PRI}) بوسیلهٔ قدر مطلق. ماکزیمم ولتاژ ورودی تنظیم‌کننده محدود می‌شود.
V_o	V_{in} ولتاژ مستقیم (DC) ورودی به رگولاتور، معمولاً ۲ تا ۱۵ ولت بیشتر از V_oاست.
$V_o + 2V$	$V_{in(min)} =$ حداقل ولتاژ لحظه‌ای خروجی صافی که شامل ولتاژ ریپل می‌باشد در حالت بارکامل (Full Load) بوسیلهٔ حداقل ولتاژ ورودی تنظیم‌کننده جهت بدست‌آوردن تنظیم رضایتبخش ($V_o +$ افتV) محدود می‌شود. یا حداقل ولتاژ ورودی تنظیم‌کننده برای شورع بکار آن تحت‌بار کامل یاخارج کردن بار واتصال کوتاه شدن خروجی
r_f	مقدار موثر ضریب ریپل در خروجی صافی برحسب درصد از V_{in} بیان می‌شود که بوسیلهٔ حداکثر مقدار مجاز ریپل بار محدود می‌شود.

ب ــ انتخاب صافی، با ورودی خازن یا سلف

برای‌منابع تغذیه‌ای که از تنظیم‌کننده‌های ولتاژ استفاده می‌شود، اغلب از صافی با ورودی خازنی استفاده می‌گردد. تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین دو نوع خازنی و سلفی وجود دارد بطوری که صافی با ورودی خازنی حالات زیر را ارائه می‌دهد.

۱ ــ ولتاژ DC زیاد درخروجی.

۲ ــ ولتاژ خروجی با تنظیم ضعیفتر درحالت تغییر بار.

	تک فاز نیم موج			تک فاز تمام موج با پایهء وسط			تک فاز تمام موج پل		
									
									
مشخصات بار	R	L	C	R	L	C	R	L	C
جریان متوسط دیود	1	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
جریان پیک دیود	3.14	-	8 5.2	3.14	2	10 6.2	3.14	2	10 6.2
شکل فاکتور جریان دیود	1.57	-	2.7 2	1.57	1.41	3 2.2	1.57	1.41	3 2.2
جریان موثر دیود	1.57	-	2.7 2	0.785	0.707	1.35 1.1	0.785	0.707	1.35 1.1
ولتاژ موثر ورودی در پایهء مبدل	2.22	2.22	0.707	1.11	1.11	0.707	1.11	1.11	0.707
اولیهء ترانس	3.49	-	-	1.23	1.11	-	1.23	1.11	-
ثانویه ترانس	3.49	-	-	1.75	1.57	-	1.23	1.11	-
مجموع مقدار موثر ریپ	121	-	-	48.2	-	-	48.2	-	-
نسبت یکسوسازی	40.6	-	-	81.2	100	-	81.2	100	-

حدول (۵ — ۱) — خلاصهء خصوصیات مدارهای یکسوکننده و معلومات داده شده ظرفیتی مدارهای تک فاز برای $\omega C R_L = 100$ & $R_S/R_L = 2\%$

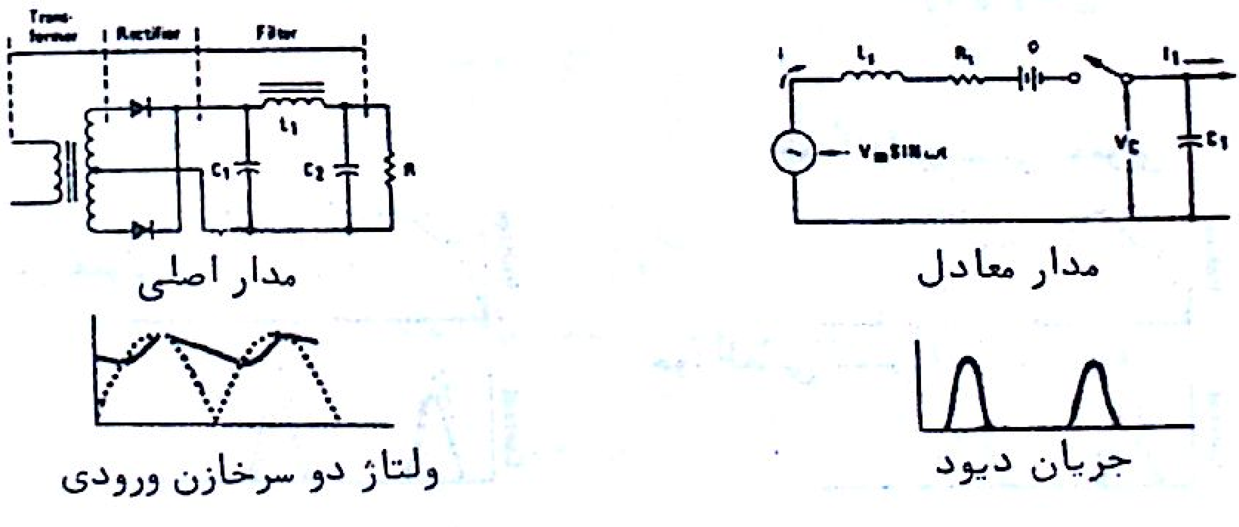
و برای $\omega C R_L = 10$ & $R_S/R_L = 10\%$

۳ـ پیک در متوسط جریانهای مستقیم دیود بالاتر.
۴ـ شرایط اسمی PIV دیود پائین‌تر.
۵ـ جریان ضربه‌ای خیلی زیاد در حالت بکارافتادن دیودها.
۶ـ مقدار پیک در متوسط جریانهای مبدل بالاتر.

تنظیم کننده ولتاژ، وضعیت نامناسب حالت (۲) را برطرف می‌کند در حالیکه دیودهای نیمه‌هادی با قیمت مناسب اکثرا" شرایط پیک و جـــریـــان ضربه‌ای را انجام می‌دهد بجزمنابـــع ایکه جریان زیاد لازم داشته باشند.

در طرح‌منبع تغذیه‌ای که تنظیم‌کننده ولتاژ بکار رفته فرض شده است که تنها تنظیم مناسب ولتاژ خروجی صافی و ریپل آن لازم می‌باشد. بنابراین صافی با ورودی خازنی جریانهای پیک قابل ملاحظه‌ای کمتر از مقادیر مشخص شده در مقایسه با جدول (۵ ـ ۱) ارائه می‌دهد.

ج ـ طرح صافی، ورودی خازن

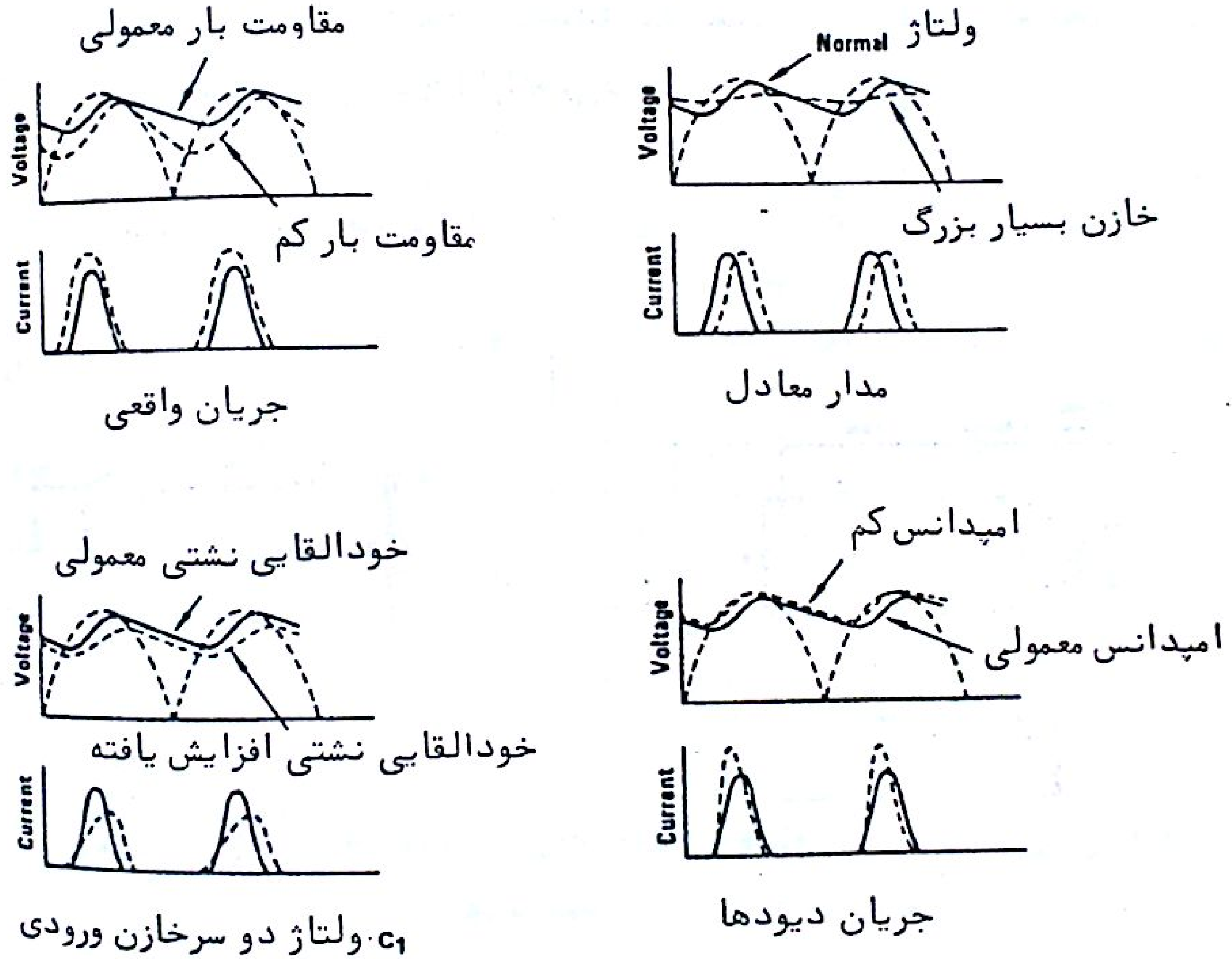


شکل (۵ ـ ۱۶) ـ مدار اصلی و معادل سیستم یکسوکننده با ورودی خازنی.

در شکل (۵ ـ ۱۶) سیستم یکسوساز تمام موج با ورودی خازنی همراه شکل موج جریان و ولتاژ نشان داده شده است . توجه داشته باشید که ریپل غیر قابل اجتناب است چون خازنی تقریبا" بین دو ولتاژ پیک بطور خطی دشارژ می‌شود .

شکل (۵ـ۱۷) اثرات روی ولتاژ DC ، ریپل و پیک جریان دیود تحت شرایط تغییر مقاومت بار ، خازن‌ورودی ، دیود سری و مقاومت مبدل R_S ، و ضریب خودالقایی نشتی مبدل .

بیشتر روشهای طراحی عملی در فیلترهایی با ورودی خازنی از منحنی‌های شکل (۵ ـ ۱۸) تا (۵ ـ ۱۹) استفاده‌می‌شود . توجه داشته

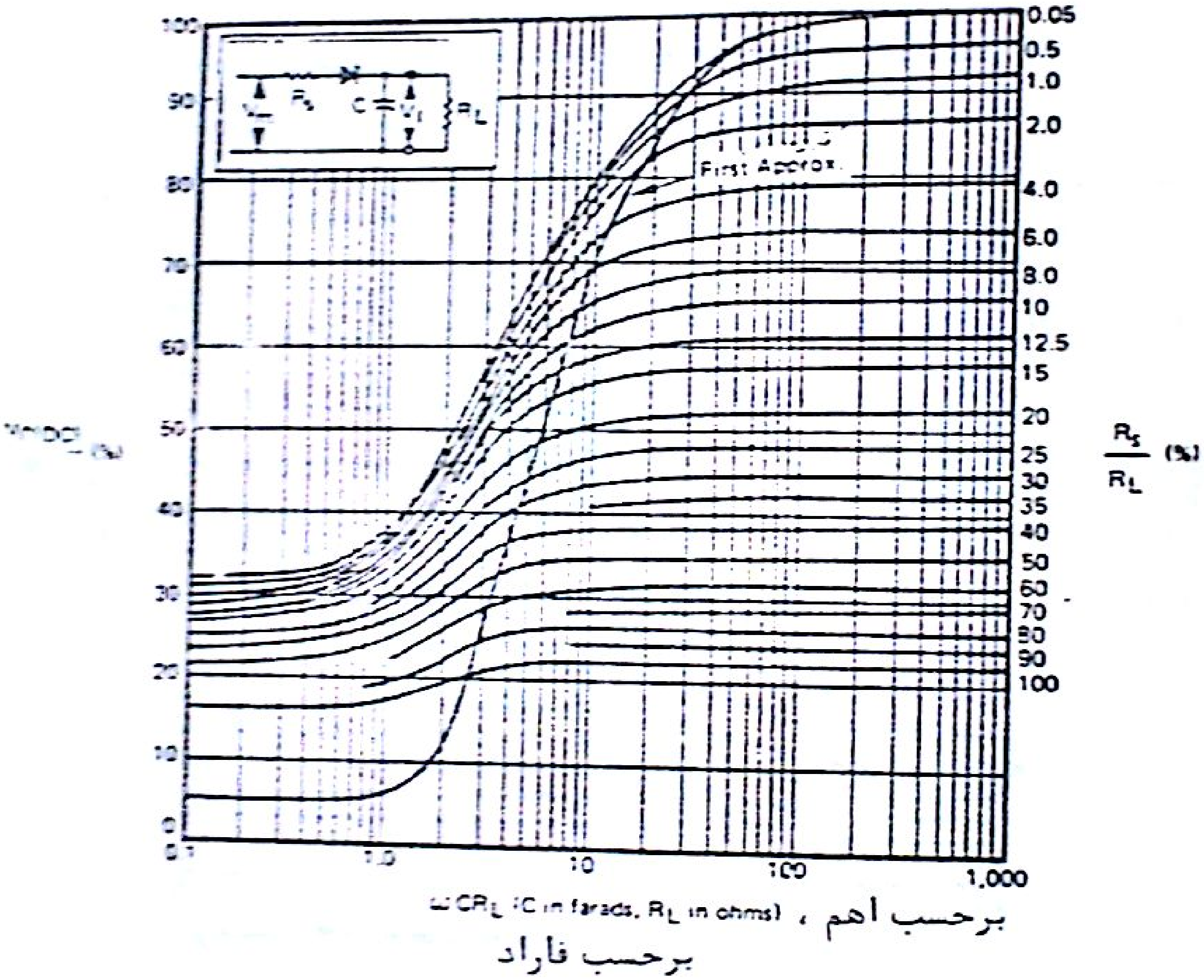


شکل (۵ ـ ۱۷) ـ شکل موجهای خروجی

باشید که اثرات مقاومت دینامیکی دیود در داخل R_S گنجانده شده است. افت مستقیم دیود گنجانده نشده و می‌باید از ولتاژ ثانویه مبدل کم شود. یک راه تجربی کم نمودن ۰/۷ ولت از ولتاژ مبدل و ناچیز شمردن مقاومت دینامیکی دیود است (۰/۰۵۲ اهم در ۱- ۰/۲۶۰ اهم و $I_F = 100mV$)

معمولا مقاومت مبدل مقاومت دینامیکی دیود را تحت‌الشعاع قرار خواهد داد.

شکلهای (۵ — ۱۸) و (۵ — ۱۹) روابط بین پیک ولتاژ AC ورودی و ولتاژ



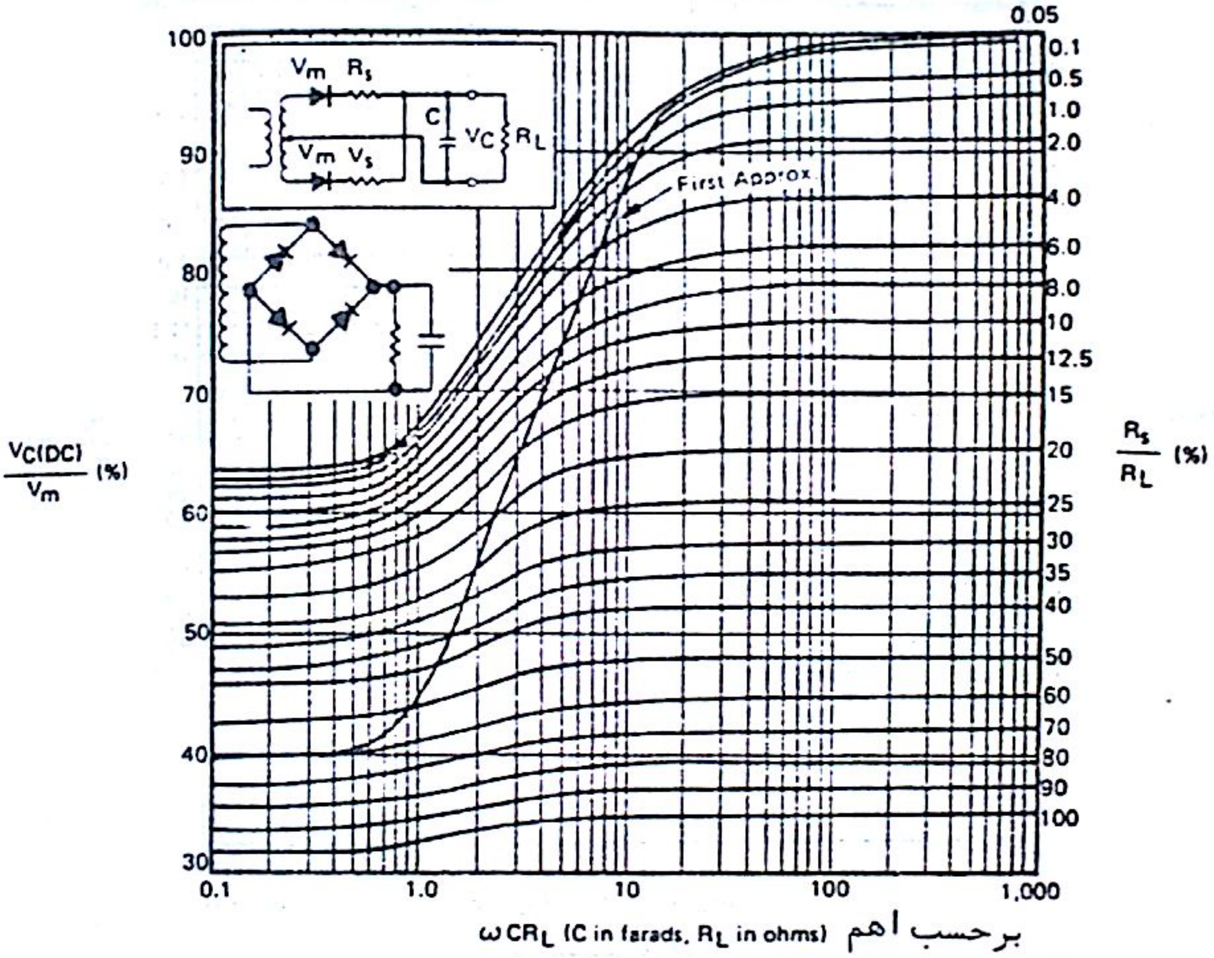
شکل (۵ — ۱۸) — رابطه پیک ولتاژ متغییر اعمال شده به ولتاژ مستقیم خر درمدارهای نیم موج با ورودی خازنی.

خروجی بعنوان یک رابطه با مقاومت بار R_L مقاومت سری مدار R_S ، و خازنی ورودی فیلتر C نشان می‌دهد . توجه نمائید که‌محور افقی برحسب WCR_L مدرج شده که : 2 . فرکانس خط = $W=f.2$

ظرفیت خازنی ورودی برحسب‌فاراد ـ C

مقاومت معادل بار برحست اهم $R_L = V_{in}/I_{in} = V_o/I_o$

مجموع مقاومت دینامیکی دیود ، مقاومت ثانویه مبدل ، مقاومت منعکسهٔ



برحسب اهم

برحسب فاراد

شکل (۵ ـ ۱۹) ـ رابطهٔ پیک ولتاژ متغیر اعمال شده به ولتاژ مستقیم خروجی در مدارهای‌تمام موج با ورودی خازنی .

اولیهٔ مبدل= R_S و هرمقاومت سری محدودکننده ضربهٔ اضافی.

با مراجعه به شکلهای (۵ـ۱۸) و (۵ـ۱۹):

۱ـ تنظیم ولتاژ خوب بدین شکل است: $WCR_L = 10$

۲ـ پیک کم ممکن بدین معنی می‌باشد: $WCR_L > 40$

۳ـ کارآیی زیاد بدین صورت است. $R_S/R_L < 0/02$

۴ـ کاربرد کم معمولا بدین معنی است که جریانهای ضربه‌ای پائین و مقدار C کم باشد.

۵ـ بهره‌برداری خوب مبدل یعنی مقادیر اسمی ولت آمپر (VA) پائین باشد، بهترین شکل با مدار پل تمام موج، بعدمدار اتصال وسط‌تمام موج.

در بیشترین حالات حداقل ظرفیت که مناسب، انجام تنظیم‌تمام بار به صفر باشد برای قیمت پائین مناسب است برای رسیدن به حالت فوق از قوس قسمت بالای منحنی شکلهای (۵ ـ ۱۸ و (۵ ـ ۱۹) استفاده نمائید. در بعضی مواقع خازن صافی با حداقل مقدار در سیستم ارزانتر جواب نخواهد داد. برای مثال افزایش مقدار C ممکن، باعث بالا رفتن مقدار R_S/R_L که درنتیجه منجر به کمتر شدن جریان ضربه و مقدار موثر جریانها می‌شود، بنابر این‌استفاده از مبدل و دیودهای ارزان مجاز می‌گردد درانتخاب خازنهای مورد استفاده توجه نمائید که دارای حد مجاز جریان ریپل قابل‌قبول‌باشند.

در این کتاب ما روش علمی و عملی تعمیر انواع مداراتی که از روی اصولی درست و برای کار بخصوصی طراحی شده، را بشما میآموزیم.

اصولی‌ترین روش تعمیر، تجزیه وتحلیل مدار است و شما با طبقه‌بندی مدار و درک‌کار هر قطعه همراه با اهمیت آن در مدار، قادر به تعمیر انواع مدارات مختلف "هرچند برای اولین بار" خواهید بود.

تهران: آبان ۱۳۶۲

مؤسسهٔ الکترونیکی صوت و تصویر